ISBN 974-637-097-9

Demographic Impact of the HIV/AIDS Epidemic in Thailand: Mathematical and Statistical Projections

ศาสตราจารย์ ดร. เกื้อ วงศ์บุญสิน
รองศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันทน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวาณี สุรเสียงสังข์
Professor Godfried J.P. van Griensven
Dr. Geoffrey P. Garnett
Professor Roy M. Anderson

WA
U 15
G09220

เอกสารสถาบัน หมายเลข 250/40
สิงหาคม 2540

สถาบันประชากรศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข

Demographic Impact of the HIV/AIDS Epidemic in Thailand: Mathematical and Statistical Projections

Kua Wongboonsin
Suchada Kiranandana
Suwanee Surasiengsunk
Godfried J.P. van Griensven
Geoffrey P. Garnett
Roy M. Anderson

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ผลิตสำเนา : สถิตย์ อัฌชสมบูรณ์
ผู้ออกแบบปก : สมศักดิ์ ตุ้มทอง
เข้ารูปเล่มที่ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Demographic Impact of the HIV/AIDS Epidemic in Thailand: Mathematical and Statistical Projections

ด้วยลิขสิทธิ์พยากร
จาก
สถาบันประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร. เกื้อ วงศ์บุญสิน
รองศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันทน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวาณี สุรเสียงสังข์
Professor Godfried J.P. van Griensven
Dr. Geoffrey P. Garnett
Professor Roy M. Anderson

สถาบันประชากรศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สิงหาคม 2540

โดยการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข

I18200765 - 8 ก.ย. 2542

ลิขสิทธิ์ของสถาบันประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 250 เล่ม สิงหาคม 2540

การผลิตและลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่าแบบใดทั้งสิ้น
ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก
สถาบันประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารสถาบัน หมายเลข 250/40

ISBN 974-637-097-9

จัดพิมพ์โดย : สถาบันประชากรศาสตร์
อาคารวิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10330
โทร. 218-7340, 218-7413
โทรสาร (662) 255-1469
e-mail : ipschula@netserv.chula.ac.th
URL = http://www.chula.ac.th/INSTITUTE/IPS/INDEX.HTML

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้สนับสนุนการวิจัย

สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข

ผู้วิจัย

ศาสตราจารย์ ดร. เกื้อ วงศ์บุญสิน

สถาบันประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันทน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวาณี สุรเสียงสังข์

ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Professor Godfried J.P. van Griensven

Center for AIDS Research and Prevention, Utrecht University, Utrecht,
Division of Public Health, Municipal Health Service, Amsterdam, The Netherlands.

Dr. Geoffrey P. Garnett

Professor Roy M. Anderson

Wellcome Research Centre for Infectious Disease Epidemiology, Oxford University,
United Kingdom.

คำนำ

สถาบันประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เริ่มงานวิจัยด้านโรคเอดส์มาเป็นระยะเวลาหนึ่ง และมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับโรคเอดส์ในหลายด้าน แต่ยังมิได้พิจารณาถึงผลกระทบที่การระบาดของ HIV/AIDS มีต่อลักษณะทางประชากรของประเทศไทย ซึ่งน่าจะกระทบต่อการกำหนดนโยบายด้านประชากรและสาธารณสุขของประเทศ จึงได้ริเริ่มการวิจัย Demographic Impact of the HIV/AIDS Epidemic in Thailand: Mathematical and Statistical Projections นี้ขึ้น โดยการสร้างทีมวิจัยที่ประกอบด้วยนักวิจัยจากสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สาขาวิชาประชากรศาสตร์ ระบาดวิทยา และสถิติศาสตร์ รวมทั้งสร้างการเชื่อมโยงกับนักวิจัยต่างสถาบัน กล่าวคือ ทีมวิจัยประกอบด้วยอาจารย์สถาบันประชากรศาสตร์ อาจารย์ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาจารย์จากมหาวิทยาลัย Utrecht ประเทศเนเธอร์แลนด์ และอาจารย์มหาวิทยาลัย Oxford ประเทศสหราชอาณาจักร และได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข โดยมีช่วงดำเนินงานตั้งแต่ สิงหาคม พ.ศ. 2538 - สิงหาคม พ.ศ. 2540

งานวิจัยนี้ ทำการประมาณจำนวนผู้ติดเชื้อ HIV ผู้ป่วยโรคเอดส์ และผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์ โดยการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่พิจารณาพารามิเตอร์ทางประชากร ชีววิทยาและพฤติกรรม และนำผลที่ได้ไปคาดการผลกระทบทางประชากรในระดับประเทศและภาคเหนือของประเทศไทย โดยพิจารณาอัตราเพิ่มประชากรต่อปี อัตราส่วนการเป็นภาระ และการเปลี่ยนแปลงประชากรรวมและรายกลุ่มอายุ สำหรับช่วงปี 1994-2014

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข สำหรับทุนวิจัยที่ทำให้งานวิจัยนี้เกิดขึ้นและสำเร็จลงได้ด้วยดี และขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาให้ความร่วมมือและความอนุเคราะห์ทั้งในด้านการให้ข้อคิดเห็น แนะนำข้อมูลที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อสังเกตและข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากต่องานวิจัยนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งนายแพทย์วิพุธ พูลเจริญ นายแพทย์คำนวณ อึ้งชูศักดิ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ภัสสร ลิมานนท์ และ Drs. Timothy D. Mastro and Nathan Shaffer

ศาสตราจารย์ ดร. เกื้อ วงศ์บุญสิน
รองศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันทน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวาณี สุรเสียงสังข์
Professor Godfried(frits) J.P. van Griensven
Dr. Geoffrey P. Garnett
Professor Roy M. Anderson

Demographic Impact of the HIV/AIDS Epidemic in Thailand: Mathematical and Statistical Projections

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นตัวแบบเชิงกำหนดที่แบ่งกลุ่มประชากรออกเป็นกลุ่มที่มีลักษณะและพฤติกรรมต่างๆ กัน โดยพารามิเตอร์ในตัวแบบเป็นพารามิเตอร์ด้านประชากร ด้านชีววิทยา และด้านพฤติกรรม เพื่อศึกษาผลกระทบของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรทั้งประเทศและในภาคเหนือของประเทศไทย ด้วยการประมาณจำนวนผู้ติดเชื้อ ผู้ป่วยโรคเอดส์ และผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์แยกตามเพศและกลุ่มอายุ เพื่อประมาณผลกระทบที่มีต่อลักษณะของประชากรในด้านการเปลี่ยนแปลงประชากรทั้งอัตราเพิ่มต่อปี อัตราส่วนการเป็นภาระ และจำนวนประชากรรวมและรายกลุ่มอายุ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบอาศัยข้อมูลที่มีอยู่ รวมทั้งการคาดการของผู้วิจัยที่ต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบความเหมาะสมโดยเทียบกับข้อมูลอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์และหญิงที่ฝากครรภ์ที่สถานผดุงครรภ์ของรัฐ

สำหรับในระดับประเทศนั้น การระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้มีจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมถึงปี 2000 มากกว่า 1 ล้านคน และมีผู้เสียชีวิตจากเอดส์รวมกันมากกว่า 5 แสน 5 หมื่นคนเมื่อนับถึงปี 2000 และจะเป็นจำนวนรวมมากกว่า 1 ล้านคนเมื่อนับถึงปี 2014 ประชากรในปี 2000 จะลดลงจากกรณีไม่มีการระบาดประมาณ 1% และจะเป็น 1.7% ในปี 2014 อัตราเพิ่มประชากรจะเริ่มถูกกระทบจากการระบาดของ HIV/AIDS ตั้งแต่ปี 1991 โดยอัตราเพิ่มประชากรลดลงจากกรณีไม่มีการระบาด 0.026% ต่อปีในปี 1991 0.12% ต่อปีในช่วงปี 1995-2000 0.06% ต่อปีในปี 2005 และไม่แตกต่างกันในปี 2014 นอกจากนี้ การระบาดของ HIV/AIDS จะมีผลต่อจำนวนประชากรในกลุ่มอายุต่างๆ อย่างไม่เท่าเทียมกัน ในปี 1994 การระบาดจะแสดงผลในประชากรกลุ่มอายุ 15-39 ปีเป็นหลัก แต่เมื่อเวลาผ่านไป จะกระทบต่อกลุ่มอายุเป็นสองช่วงคือ กลุ่มอายุที่น้อยกว่า และกลุ่มอายุสูงกว่าเนื่องจากการติดต่อของ HIV/AIDS จากมารดาสู่บุตร และการที่ผู้ที่อยู่ในกลุ่มอายุที่ถูกกระทบเดิมมีอายุมากขึ้นตามเวลา ประชากรวัยแรงงานลดน้อยลง โดยประชากรชายถูกระทบมากกว่าหญิง และอัตราส่วนการเป็นภาระจะเพิ่มสูงขึ้นตามเวลาโดยเพิ่มขึ้น 0.003 ในปี 1994 0.004 ในปี 2004 และ 0.006 ในปี 2014

สำหรับในภาคเหนือ ลักษณะของผลกระทบของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรจะมีลักษณะที่อยู่ในรูปแบบเดียวกันกับในระดับประเทศ แต่ขนาดของผลกระทบต่อประชากรจะแตกต่างกัน โดยค่าอัตราส่วนการเป็นภาระ สัดส่วนประชากรวัยแรงงานที่ลดลงทั้งชายและหญิง สัดส่วนประชากรที่ลดลง และอัตราเพิ่มประชากรต่อปีของภาคเหนือนั้น มีค่าเป็นประมาณเกือบสองเท่าของค่าในระดับประเทศ

Demographic Impact of the HIV/AIDS Epidemic in Thailand: Mathematical and Statistical Projections

Abstract:

This study assesses the impact of the HIV epidemic on the demographic development of the Thai population through a deterministic mathematical model in which epidemiological and demographic processes are integrated and predicted simultaneously. The model employs partial differential equations expressing the relations between biological, behavioural and demographic variables and allows evaluations of different sexual mixing patterns, transmission probabilities and incubation times. Sensitivity analysis was performed by generating antecedent HIV prevalence patterns among military recruits and pregnant women.

At the national level, cumulative HIV infection exceeds one million by the year 2000. The number of deaths from AIDS totals more than 550,000 by 2000 and will reach one million by 2014. With the HIV epidemic, total population declines by 1% in 2000 and around 1.7% in 2014. The HIV epidemic starts to affect the population growth rate by 0.026% per year in 1991. The difference increases to approximately 0.12% per year during 1995-2000 but declines to 0.06% in 2005 and disappears by the year 2014. In the mid nineties, HIV mainly affects the 15-39 year age groups, but over time younger and older age groups get affected as a result of perinatal transmission and the 15-39 years old cohorts growing older. A decline in the labor force is also observed, with sharper decline in the male labor force, resulting in an increase in the dependency ratio by 0.003 in 1994, 0.004 in 2004 and 0.006 in 2014.

For the Northern region, the demographic impact of HIV/AIDS follows the same pattern as that of the country but with different severity. In terms of demographic characteristics, the decline in population growth rate, the increase in dependency ratio and the decline in proportion of population by age and sex approximately double those of the national figures.

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	i
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	v
สารบัญแผนภาพ	viii
1. ความนำ	1
2. วัตถุประสงค์และการดำเนินงานวิจัย	2
3. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
4. ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อวัดผลกระทบของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากร	10
5. การกำหนดค่าเบื้องต้นของพารามิเตอร์ในตัวแบบ	15
5.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ด้านประชากร	16
5.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ด้านชีววิทยา	17
5.3 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ด้านพฤติกรรม	20
6. การตรวจสอบความเหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด(Sensitivity analysis)	25
7. ผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรของประเทศไทย	37
8. การกำหนดค่าพารามิเตอร์และผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรในภาคเหนือ	43
9. สรุปและข้อเสนอแนะ	49
เอกสารอ้างอิง	54
ตาราง	60
แผนภาพ	93

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขหมู่ ดพ
ย15
เลขทะเบียน 009220
วัน.เดือน.ปี 11 พ.ย 40

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ความหมายของพารามิเตอร์และตัวแปรที่ใช้ในตัวแบบ 60

ตาราง 2 จำนวนประชากรจำแนกตามเพศและอายุ ปี1985 61
(Population by gender and age group, 1985)

ตาราง 3 อัตราภาวะเจริญพันธ์รายอายุและอัตราภาวะการตายจำแนกรายเพศและอายุ ปี1985 62
(Age-specific fertility and mortality rates, 1985)

ตาราง 4 สรุปค่าพารามิเตอร์เชิงชีววิทยา 63
(Biological parameters)

ตาราง 5 ค่าเบื้องต้นของสัดส่วนประชากรชายและหญิง จำแนกตามกลุ่มอายุ และกลุ่มกิจกรรมทางเพศ พ.ศ. 2528 (ค.ศ. 1985) 64
(Proportion of adults by age group and sexual activity class (standard))

ตาราง 6 อัตราเฉลี่ยการเปลี่ยนคู่(ต่อปี) (ค่าเบื้องต้น) 65
(Mean rate of sexual partner change(per year)) (standard)

ตาราง 7 อัตราความชุกการติดเชื้อจากตัวแบบและจากข้อมูล Military และ ANC 66
(HIV prevalence rates of male age 20-21 and female 15-49)

ตาราง 8 สัดส่วนประชากรชายและหญิง จำแนกตามกลุ่มอายุ และกลุ่มกิจกรรมทางเพศ พ.ศ. 2528 (ค.ศ. 1985) 67
(Proportion of adults by age group and sexual activity class)

ตาราง 9 อัตราเฉลี่ยการเปลี่ยนคู่(ต่อปี) 68
(Mean rate of sexual partner change(per year))

ตาราง 10 อัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี และหญิงอายุ 15-49 ปี 1985-2014 69
(HIV prevalence rate of male age 20-21 and female age 15-49, 1985-2014)

ตาราง 11 จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV 1985-2014 70
(Number of HIV infections, 1985-2014)

ตาราง 12 จำนวนสะสมผู้ติดเชื้อ ผู้ป่วยเอดส์ และจำนวนผู้เสียชีวิตด้วยโรคเอดส์ 1985-2014 71
(Cumulative HIV infections, cumulative AIDS and number of deaths due to AIDS, 1985-2014)

หน้า

ตาราง 13 จำนวนประชากรเมื่อมีและไม่มีการระบาดของเอดส์ 1985-2014 72
(Population with and without AIDS, 1985-2014)
ตาราง 14 อัตราเพิ่มประชากรต่อคนต่อปี 1985-2014 73
(Population growth rate per capita per year, 1985-2014)
ตาราง 15 อัตราส่วนการเป็นภาระ 1985-2014 74
(Dependency ratio, 1985-2014)
ตาราง 16 ประชากรตามกลุ่มอายุเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ 1994 75
(Population by age group with and without AIDS epidemic, 1994)
ตาราง 17 ประชากรตามกลุ่มอายุเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ 2004 76
(Population by age group with and without AIDS epidemic, 2004)
ตาราง 18 ประชากรตามกลุ่มอายุเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ 2014 77
(Population by age group with and without AIDS epidemic, 2014
ตาราง 19 อัตราความชุกการติดเชื้อ HIV ของทหารเกณฑ์ รายภาค 78
(Regional HIV seroprevalence in military conscripts)
ตาราง 20 จำนวนประชากรจำแนกตามเพศและอายุ ภาคเหนือ 1985 79
(Population by gender and age group, North, 1985)
ตาราง 21 อัตราภาวะเจริญพันธ์รายอายุและอัตราภาวะการตายจำแนกรายเพศและอายุ
ภาคเหนือ 1985 80
(Age-specific fertility and mortality rates, North, 1985)
ตาราง 22 สรุปค่าพารามิเตอร์เชิงชีววิทยา ภาคเหนือ 81
(Biological parameters, North)
ตาราง 23 สัดส่วนประชากรชายและหญิง จำแนกตามกลุ่มอายุ และกลุ่มกิจกรรมทางเพศ
ภาคเหนือ พ.ศ. 2528 (ค.ศ. 1985) 82
(Proportion of adults by age group and sexual activity class, 1985, North)
ตาราง 24 อัตราเฉลี่ยการเปลี่ยนคู่(ต่อปี) ภาคเหนือ 83
(Mean rate of sexual partner change(per year), North)
ตาราง 25 อัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี และหญิงอายุ 15-49 ปี
ภาคเหนือ 1985 -2014 84
(HIV prevalence rate of male age 20-21 and female age 15-49, North,
1985-2014)
ตาราง 26 จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV ภาคเหนือ 1985-2014 85
(Number of HIV infections, North, 1985-2014)

หน้า

ตาราง 27 จำนวนสะสมผู้ติดเชื้อ ผู้ป่วยเอดส์ และจำนวนผู้เสียชีวิตด้วยโรคเอดส์ ภาคเหนือ 1985-2014 86
(Cumulative HIV infections, cumulative AIDS and number of deaths due to AIDS, North, 1985-2014)
ตาราง 28 จำนวนประชากรเมื่อมีและไม่มีการระบาดของเอดส์ ภาคเหนือ 1985-2014 87
(Population with and without AIDS, North, 1985-2014)
ตาราง 29 อัตราเพิ่มประชากรต่อคนต่อปี ภาคเหนือ 1985-2014 88
(Population growth rate per capita per year, North)
ตาราง 30 อัตราส่วนการเป็นภาระ ภาคเหนือ 1985-2014 89
(Dependency ratio, North, 1985-2014)
ตาราง 31 ประชากรตามกลุ่มอายุเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ ภาคเหนือ 1994 90
(Population by age group with and without AIDS epidemic, North, 1994)
ตาราง 32 ประชากรตามกลุ่มอายุเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ ภาคเหนือ 2004 91
(Population by age group with and without AIDS epidemic, North, 2004)
ตาราง 33 ประชากรตามกลุ่มอายุเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ ภาคเหนือ 2014 92
(Population by age group with and without AIDS epidemic, North, 2014)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพ 1 รูปแบบการจับคู่และค่า ε_1, ε_2 และ ε_3 เบื้องต้น (Mixing pattern) 93

แผนภาพ 2 อัตราความชุกการติดเชื้อจากตัวแบบและจากข้อมูล Military และ ANC (HIV Prevalence rate) 94

แผนภาพ 3 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อปรับสัดส่วนชายในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ (HIV prevalence rate: sensitivity of male proportion in sexual activity class) 95

แผนภาพ 4 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อปรับสัดส่วนหญิงในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ (HIV prevalence rate: sensitivity of female proportion in sexual activity class) 96

แผนภาพ 5 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อปรับอัตราการเปลี่ยนคู่ของชาย (HIV prevalence rate: sensitivity of male rate of partner change) 97

แผนภาพ 6 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่ออัตราการเปลี่ยนคู่ของหญิง (HIV prevalence rate: sensitivity of female rate of partner change) 98

แผนภาพ 7 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อปรับค่า ε_1 (HIV prevalence rate: sensitivity of ε_1) 99

แผนภาพ 8 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อปรับค่า ε_2 (HIV prevalence rate: sensitivity of ε_2) 100

แผนภาพ 9 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อปรับค่า ε_3 (HIV prevalence rate: sensitivity of ε_3) 101

แผนภาพ 10 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อปรับความน่าจะเป็นของการติดต่อโรคของชาย-หญิง (HIV prevalence rate: sensitivity of probability of transmission male-female) 102

แผนภาพ 11 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อปรับความน่าจะเป็นของการติดต่อโรคของหญิง-ชาย (HIV prevalence rate: sensitivity of probability of transmission female-male) 103

แผนภาพ 12 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อลดอัตราการเปลี่ยนคู่ในช่วงปีที่ 7-20 (HIV prevalence rate: sensitivity of reduction of rate of partner change from year 7-20) 104

หน้า

แผนภาพ 13 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อลดความน่าจะเป็นของการติดต่อโรคในช่วงปีที่ 7-20 105
(HIV prevalence rate: sensitivity of reduction of probability of transmission from year 7-20)
แผนภาพ 14 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อลดอัตราการเปลี่ยนคู่ในช่วงปีต่าง ๆ 106
(HIV prevalence rate: sensitivity of time interval for reduction of partner change rate)
แผนภาพ 15 อัตราความชุกการติดเชื้อเมื่อลดความน่าจะเป็นของการติดต่อโรคในช่วงปีต่าง ๆ 107
(HIV prevalence rate: sensitivity of time interval for reduction of probability of transmission)
แผนภาพ 16 รูปแบบการจับคู่และค่า ε_1, ε_2 และ ε_3 108
(Mixing pattern)
แผนภาพ 17 อัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี 1985-2014 109
(HIV prevalence rate of male age 20-21, 1985-2014)
แผนภาพ 18 อัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปี 1985-2014 109
(HIV prevalence rate of female age 15-49, 1985-2014)
แผนภาพ 19 จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV 1985-2014 110
(Number of HIV infections, 1985-2014)
แผนภาพ 20 จำนวนผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์ 1985-2014 111
(Number of deaths due to AIDS, 1985-2014)
แผนภาพ 21 จำนวนสะสมของผู้ติดเชื้อHIV ผู้ป่วยและเสียชีวิตจากโรคเอดส์ 1985-2014 112
(Cumulative incidence of HIV infection, AIDS and death due to AIDS, 1985-2014)
แผนภาพ 22 จำนวนประชากรเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ 1985-2014 113
(Population with and without AIDS epidemic, 1985-2014)
แผนภาพ 23 อัตราเพิ่มประชากรต่อคนต่อปี 1985-2014 114
(Population growth rate per capita per year, 1985-2014)
แผนภาพ 24 อัตราส่วนการเป็นภาระ 1985-2014 115
(Dependency ratio, 1985-2014)
แผนภาพ 25 ประชากรตามกลุ่มอายุเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ 2004 116
(Population by age group with and without AIDS epidemic, 2004)

หน้า

แผนภาพ 26 ประชากรตามกลุ่มอายุเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ 2014 117
(Population by age group with and without AIDS epidemic, 2014)
แผนภาพ 27 ความแตกต่างในประชากรจาก AIDS ปี 2014 118
(Population difference due to AIDS , 2014)
แผนภาพ 28 ความแตกต่างในประชากรชายจาก AIDS ปี 1994, 2004 และ 2014 119
(Population difference due to AIDS among males, 1994, 2004, 2014)
แผนภาพ 29 ความแตกต่างในประชากรหญิงจาก AIDS ปี 1994, 2004 และ 2014 120
(Population difference due to AIDS among females, 1994, 2004, 2014)
แผนภาพ 30 รูปแบบการจับคู่และค่า ε_1, ε_2 และ ε_3 ภาคเหนือ 121
(Mixing pattern, North)
แผนภาพ 31 อัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี ภาคเหนือ 1985-2014 122
(HIV prevalence rate of male age 20-21, North, 1985-2014)
แผนภาพ 32 อัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปี ภาคเหนือ 1985-2014 122
(HIV prevalence rate of female age 15-49, North, 1985-2014)
แผนภาพ 33 จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV ภาคเหนือ 1985-2014 123
(Number of HIV infections, North, 1985-2014)
แผนภาพ 34 จำนวนผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์ ภาคเหนือ 1985-2014 124
(Number of deaths due to AIDS, North, 1985-2014)
แผนภาพ 35 จำนวนสะสมของผู้ติดเชื้อHIV ผู้ป่วยและเสียชีวิตจากโรคเอดส์ ภาคเหนือ
1985-2014 125
(Cumulative incidence of HIV infection, AIDS and death due to AIDS,
North, 1985-2014)
แผนภาพ 36 จำนวนประชากรเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ ภาคเหนือ
1985-2014 126
(Population with and without AIDS epidemic, North, 1985-2014)
แผนภาพ 37 อัตราเพิ่มประชากรต่อคนต่อปี ภาคเหนือ 1985-2014 127
(Population growth rate per capita per year, North, 1985-2014)
แผนภาพ 38 อัตราการเป็นภาระ ภาคเหนือ 1985-2014 128
(Dependency ratio, North, 1985-2014)
แผนภาพ 39 ประชากรตามกลุ่มอายุเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ ภาคเหนือ
2004 129
(Population by age group with and without AIDS epidemic, North, 2004)

หน้า

แผนภาพ 40 ประชากรตามกลุ่มอายุเมื่อมีและไม่มีการระบาดของโรคเอดส์ ภาคเหนือ 2014 130
(Population by age group with and without AIDS epidemic, North, 2014)
แผนภาพ 41 ความแตกต่างในประชากรจาก AIDS ภาคเหนือ ปี 2014 131
(Population difference due to AIDS , North, 2014)
แผนภาพ 42 ความแตกต่างในประชากรชายจาก AIDS ภาคเหนือ ปี 1994, 2004 และ 2014 132
(Population difference due to AIDS among males, North, 1994, 2004, 2014)
แผนภาพ 43 ความแตกต่างในประชากรหญิงจาก AIDS ภาคเหนือ ปี 1994, 2004 และ 2014 133
(Population difference due to AIDS among females, North, 1994, 2004, 2014)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Demographic Impact of the HIV/AIDS Epidemic in Thailand: Mathematical and Statistical Projections

1 ความนำ

นับตั้งแต่การพบผู้ป่วยด้วยโรคเอดส์ (AIDS หรือ Acquired Immuno Deficiency Syndrome) คนแรกในประเทศไทยเมื่อค.ศ. 1984 (พ.ศ. 2527) ได้มีรายงานเกี่ยวกับการระบาดของเชื้อเอสไอวี (HIV หรือ Human Immunodeficiency Virus) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเอดส์ ไปยังคนในเกือบทุกกลุ่มของประชากรไทย (Weniger et al, 1991) ข้อที่แตกต่างจากปรากฏการณ์ในประเทศทางตะวันตกก็คือ ในประเทศตะวันตกโรคเอดส์มักจะระบาดในหมู่ผู้ที่มีพฤติกรรมรักร่วมเพศ(homosexuals)และผู้ที่เสพยาเสพติดชนิดฉีดเข้าเส้น แต่ในประเทศไทยนั้นโรคเอดส์ระบาดในกลุ่มบุคคลที่มีพฤติกรรมรักต่างเพศ(heterosexuals)เป็นหลัก ดังจะเห็นได้จากสรุปจำนวนผู้ป่วยโรคเอดส์ของกองระบาดวิทยา สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งรายงานทุก 4 เดือน โดยข้อมูลสรุป ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2539 มีผู้ป่วยเอดส์ตั้งแต่ พ.ศ. 2527 รวมทั้งสิ้น 52,997ราย เป็นชาย 44,154 ราย หญิง 8,843 ราย ในจำนวนนี้รายงานว่าเสียชีวิตแล้ว 14,413 ราย และมีผู้ติดเชื้อเอดส์ที่มีอาการจำนวน 22,209 ราย สำหรับผู้ติดเชื้อที่ยังไม่มีอาการนั้นยังมีเป็นจำนวนมาก จากระบบ sentinel seroprevalence survey อัตราผู้ติดเชื้อ HIV เพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในกลุ่มผู้ขายบริการทางเพศในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา รวมทั้งการตรวจพบผู้ติดเชื้อในกลุ่มผู้บริจาคโลหิตและหญิงมีครรภ์ว่ามีอัตราที่สูงขึ้น จากการคาดประมาณของกระทรวงสาธารณสุขเมื่อ พ.ศ. 2536 คาดว่าจำนวนผู้ติดเชื้อ HIV/AIDS อยู่ระหว่าง 500,000 ถึง 600,000 คน และคาดว่าจะมีจำนวนถึงประมาณ 1ล้านคนในปี พ.ศ. 2543

การระบาดของ HIV/AIDS นี้ มีลักษณะพิเศษจากโรคระบาดอื่นคือ การติดต่อนั้นสามารถติดต่อได้ทางเพศสัมพันธ์ และติดต่อจากมารดาไปสู่บุตร จึงมีผลกระทบต่อแผนแบบการเจ็บป่วยและการตายของกลุ่มคนในช่วงวัยเจริญพันธุ์ วัยทารกและวัยเด็ก ดังนั้นโรคเอดส์จึงมีผลกระทบต่อประชากรเป็นอย่างมาก โดยผลกระทบในแต่ละช่วงเวลาหลังการระบาดของโรคอาจมีรูปแบบที่เปลี่ยนแปลงไป โดยทั่วไปการระบาดในช่วงแรกมักจะรุนแรง แต่หลังจากนั้นระยะหนึ่งเมื่อมีการเฝ้าระวังและการให้การศึกษาเพิ่มขึ้นแล้ว โรคเอดส์อาจเข้าสู่ภาวะโรคเรื้อรัง (endemic) ทำให้รูปแบบของผลกระทบต่อประชากรเปลี่ยนแปลงได้ การระบาดของโรคย่อมทำให้อัตราตายเพิ่มสูงขึ้น

และกระทบต่อโครงสร้างประชากรอย่างแน่นอน ในสถานการณ์ของบางประเทศได้มีการอภิปรายกันถึงขั้นที่ว่าโรคเอดส์จะทำให้อัตราเพิ่มของประชากรเป็นค่าลบได้หรือไม่(Anderson, May and McLean 1988; Bongaarts 1989; Chin and Mann 1989; Garnett and Anderson 1993b) ซึ่งหากมีผลเช่นนั้น การเปลี่ยนแปลงในอัตราการเจ็บป่วยและการตายของประชากร อาจเกิดควบคู่ไปกับการปรับตัวของอัตราการเจริญพันธุ์ กล่าวคือ อาจทำให้ครอบครัวมีความปรารถนาจะมีบุตรในจำนวนที่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งย่อมจะกระทบต่อนโยบายด้านประชากรของประเทศและการวางแผนครอบครัวเป็นอย่างยิ่ง

สำหรับประชากรของประเทศไทยนั้น จะเห็นว่า ในช่วงสองสามทศวรรษที่ผ่านมา จำนวนประชากรของประเทศไทยเพิ่มขึ้นโดยประมาณปีละหนึ่งล้านคน ทำให้จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัวในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของโครงการวางแผนครอบครัวได้มีส่วนสำคัญที่ทำให้การเพิ่มขึ้นของประชากรลดลงสู่ระดับการเกิดทดแทน (replacement level) แต่การแพร่ระบาดของการติดเชื้อ HIV/AIDS ย่อมทำให้สภาพของประชากรเปลี่ยนแปลงไป การศึกษาผลกระทบของโรคเอดส์ที่มีต่อประชากรรวมทั้งผลกระทบเชิงสังคมเศรษฐกิจจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้สามารถตอบคำถามดังกล่าวได้ จะต้องศึกษาถึงกระบวนการแพร่ระบาดและการติดต่อของเชื้อHIV และการเกิดโรคเอดส์ รวมทั้งการเจ็บป่วยและการตายจากโรคด้วย การศึกษาในเรื่องดังกล่าวมีข้อจำกัดทั้งในส่วนของความรู้ความเข้าใจในโรคนี้และข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ จึงจำเป็นที่จะต้องอาศัยการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ (mathematical model simulation) มาช่วยในการทำความเข้าใจเพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อประชากรต่อไป

2 วัตถุประสงค์และการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการระบาดของเชื้อHIVและโรคเอดส์ที่มีต่อองค์ประกอบของประชากรของประเทศไทย โดยการศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อพารามิเตอร์ทางประชากรที่สำคัญ เช่น อัตราการเพิ่มประชากร(population growth rate) อัตราส่วนการพึ่งพิงหรือการเป็นภาระ (dependency ratio) โครงสร้างหรือการแจกแจงอายุ(age structure or distribution) และขนาดประชากร ณ คาบเวลาต่างๆ ได้แก่ ปี ค.ศ. 1994 2004 และ 2014

สำหรับวิธีดำเนินการนั้น งานวิจัยนี้จะทำการศึกษางานเกี่ยวกับผลกระทบของโรคเอดส์ที่มีต่อประชากรที่ได้มีการศึกษามาแล้วทั่วโลก เพื่อพิจารณากระบวนการวิจัยที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์กรณีของประเทศไทย โดยมีหลักการว่า วิธีการที่เลือกนั้นเป็นวิธีการที่มีคุณภาพ

ดีและมีความเป็นไปได้ตามสมควรที่จะหาข้อมูลมาอธิบาย และใช้ตัวแบบหรือรูปแบบทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจและอธิบายความได้ชัดเจนขึ้น

จากการพิจารณาการแพร่ระบาดของ HIV/AIDS ในประชากรรักต่างเพศ(heterosexuals) ในประเทศอื่น พบว่าสถานการณ์แพร่ระบาดอย่างรวดเร็วของเชื้อดังกล่าวปรากฏในภูมิภาคsub-Saharan Africa ซึ่งจากการศึกษารายงานเกี่ยวกับการติดต่อรวมทั้งผลกระทบที่มีต่อสภาพทางประชากรแล้ว พบว่ามีการศึกษาโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในลักษณะต่างๆ จำนวนมาก ซึ่งประเภทของตัวแบบที่ใช้อธิบาย HIV/AIDS มีที่มาและการพัฒนาตัวแบบซึ่งอาจสรุปได้ดังต่อไปนี้

การสร้างตัวแบบอธิบายการระบาดของ HIV/AIDS (HIV/AIDS Modeling)

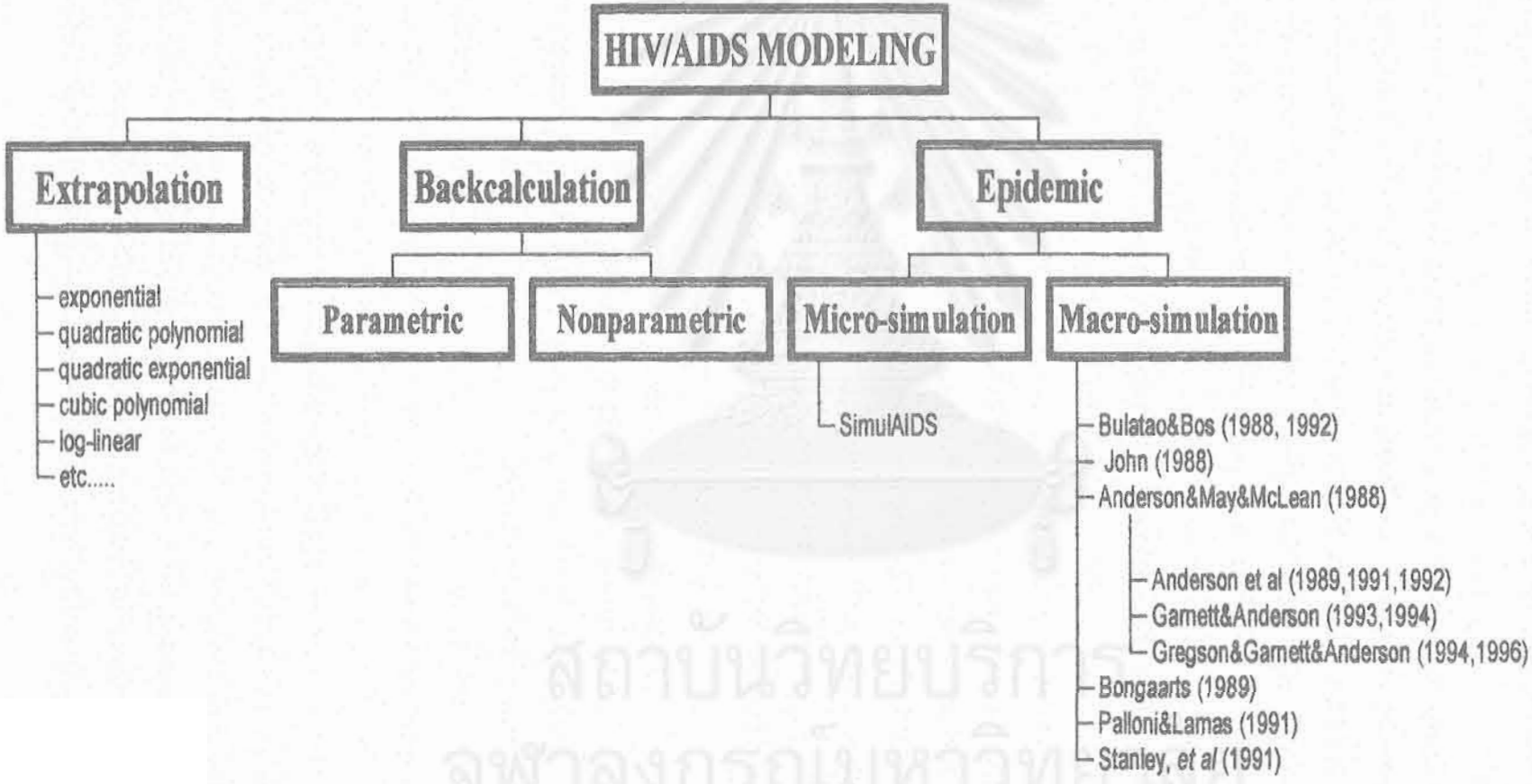
ความพยายามในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจต่อการระบาดของ HIV/AIDS มีมาตั้งแต่ประมาณปี ค.ศ. 1985 โดยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นอาศัยองค์ความรู้จากการสร้างตัวแบบของการระบาดของโรคมาลาเรียและโกโนเรีย ซึ่งได้มีการพัฒนามาเป็นเวลามากกว่า 20 ปี ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีหลายแบบ แต่ละตัวแบบมีทั้งข้อดีและจุดอ่อนขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ต้องนำมาใช้และคำตอบที่ตัวแบบให้เป็นผลลัพธ์ หากจะแบ่งตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของการระบาดของโรค HIV/AIDS ตามลักษณะข้อมูลที่ต้องใช้และระดับความยุ่งยากในการหาคำตอบผลลัพธ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้คือ

1. Extrapolation models
2. Backcalculation models หรือ Backprojection models
3. Epidemic models หรือ Process models

แผนภาพในหน้าต่อไปแสดงประเภทของตัวแบบโดยสรุป และตัวแบบแต่ละประเภทมีลักษณะรวมทั้งจุดอ่อนจุดแข็งดังนี้

1. Extrapolation models

ตัวแบบในกลุ่มนี้ ทำการคาดประมาณการระบาดของเชื้อ HIV ในระยะสั้น โดยการใช้ตัวแบบที่อธิบายถึงสภาพในอดีตมาคาดประมาณอนาคต ตัวแบบประเภทนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยจำนวนผู้ป่วยด้วยโรค AIDS ที่มีการรายงาน และรูปแบบของเส้นโค้งที่คาดว่าจะเป็น แล้วทำการประมาณจำนวนผู้ป่วยโรค AIDS ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ตัวแบบประเภทนี้มีวิธีการสร้างที่ไม่ซับซ้อนซึ่งนับเป็นสิ่งที่ดีและสะดวกในการใช้ และมักใช้เทคนิคทางสถิติที่ทำการประมาณรูปแบบ เช่น วิธีกำลังสองน้อยที่สุด(Least Squares Method) รูปแบบของเส้นโค้งที่อาจนำมาใช้มี



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลายรูปแบบ เช่น exponential curve, quadratic polynomial curve หรือรูปแบบอื่นๆ ที่สถานภาพของจำนวนผู้ป่วยโรค AIDS ตามคาบเวลาเป็นตัวบ่งชี้ การใช้ตัวแบบประเภทนี้จะใช้ได้ดีเฉพาะการคาดประมาณในระยะสั้นประมาณ 2-3 ปี แต่การคาดประมาณระยะยาวจากตัวแบบเหล่านี้อาจไม่มีคุณภาพดีพอ เนื่องจากตัวแบบคณิตศาสตร์ที่นำมาสร้างรูปแบบของข้อมูลอดีตอาจมีได้หลายแบบที่สามารถอธิบายภาพอดีตได้ใกล้เคียงกัน แต่จะให้ภาพอนาคตที่แตกต่างกันได้เป็นอย่างมาก ประกอบกับการเสนอรูปแบบเช่นนี้มักไม่ได้อธิบายถึงเงื่อนไขหรือข้อสมมติที่กำกับการคาดประมาณอย่างละเอียดเพียงพอ รวมทั้งระดับของผลกระทบที่มีต่อผลลัพธ์ที่ได้เมื่อข้อสมมตินั้นๆเปลี่ยนไป จุดอ่อนของการใช้ตัวแบบประเภทนี้คือ การกำหนดสมมติฐานว่าสภาพการระบาดของโรคในอนาคตเหมือนกับสภาพการระบาดของโรคในอดีต ซึ่งอาจเป็นข้อกำหนดที่ไม่เหมาะสม หรือไม่สอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริง ข้อด้อยอีกประการหนึ่งของตัวแบบนี้คือ ผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะให้เพียงการคาดประมาณจำนวนผู้ป่วยด้วยโรค AIDS ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการวางแผนงานการป้องกันโรค HIV/AIDS

2. Backcalculation models

การสร้างตัวแบบโดยวิธีนี้ได้รับความนิยมมากกว่าวิธีแรก เพราะสามารถประมาณรูปแบบของการระบาดของ HIV ได้ พร้อมทั้งคาดการณ์จำนวนผู้ป่วยด้วยโรค AIDS ในอนาคตได้ด้วย สำหรับการสร้างตัวแบบนั้น ทำได้โดยใช้ความรู้เรื่องการแจกแจงของระยะฟักตัวของโรค (Incubation period distribution) และจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเอดส์ที่รายงานตามคาบเวลามาสร้างสมการที่เรียกว่า Deconvolution equation แล้วทำการแก้สมการดังกล่าวด้วยวิธีการกำหนดเส้นโค้งแสดงการติดต่อของโรค (Infection curve) หรืออาจทำโดยการไม่กำหนดรูปแบบของเส้นโค้งแสดงการติดต่อของโรคก็ได้ ซึ่งในทางสถิติจะเรียกว่าเป็นแบบ Parametric model และ Nonparametric model ตามลำดับ

ตัวแบบประเภท Backcalculation นี้ สามารถใช้ในการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเอดส์ได้มากกว่าวิธีแรก แต่มีความยุ่งยากมากกว่าในการประมาณค่า เพื่อหลีกเลี่ยงลักษณะที่ไม่สมบูรณ์ของข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคเอดส์ที่รายงานในประเทศกำลังพัฒนา องค์การอนามัยโลกได้สร้างตัวแบบในการประมาณและพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคเอดส์ เพื่อใช้ในการกำหนดแผนงานควบคุมป้องกันโรคเอดส์ให้ง่ายและประหยัดเวลา (Chin and Lwanga 1991) โดยใช้ข้อมูลที่สามารถหาได้ นั่นคือ ค่าประมาณของความชุกของการติดเชื้อ HIV ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง และการแจกแจงของระยะเวลาฟักตัวของโรค พร้อมทั้งได้กำหนดเส้นโค้งการติดต่อโรคให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นฟังก์ชันแกมมา(gamma function)ของคาบเวลา ลักษณะของตัวแบบที่พัฒนาโดย

องค์การอนามัยโลกซึ่งเรียกว่า Epimodel นี้เป็นตัวแบบประเภท Backcalculation อย่างง่ายนั่นเอง แต่ข้อจำกัดของตัวแบบนี้คือจะต้องระมัดระวังเมื่อนำไปใช้งานจริง

3. Epidemic models

ตัวแบบในกลุ่มนี้ เป็นกลุ่มที่มุ่งหาคำอธิบายเกี่ยวกับรูปแบบการระบาดและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการระบาดหรือการติดต่อของโรค หรือตัวแบบที่เน้นการวิเคราะห์การติดต่อแพร่กระจายของเชื้อไวรัสดังกล่าว โดยอธิบายรูปแบบของพฤติกรรมทางเพศในประชากร อาจศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะการเจ็บป่วยและการตายจากโรค เพื่อนำมาช่วยกำหนดผลกระทบที่เกิดกับประชากรก็ได้ ตัวแบบประเภทนี้ต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากทั้งเชิงพฤติกรรม เชิงชีววิทยา และเชิงระบาดวิทยา ในกรณีที่ต้องการสร้างตัวแบบเพื่อพิจารณาผลกระทบของการระบาดต่อประชากร ก็จำเป็นต้องมีข้อมูลด้านประชากรด้วย การสร้างตัวแบบอาจสร้างในรูปแบบจุลภาค(Micro) หรือ มหภาค(Macro) โดยตัวแบบจุลภาคนั้นจะพิจารณาการระบาดหรือการติดต่อโรคลงไปยังตัวบุคคลโดยพิจารณาว่าแต่ละบุคคลจะมีความสัมพันธ์ทางเพศกันเช่นไร การสร้างตัวแบบประเภทนี้จำเป็นต้องอาศัยหลักการจำลองแบบ(simulation) และอาศัยความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการจำลองแบบดังกล่าวด้วย ตัวอย่างของตัวแบบประเภทนี้ ได้แก่ SimulAIDS ที่พัฒนาขึ้นโดย Auvert et al (1988) ส่วนตัวแบบมหภาคจะจัดบุคคลลงกลุ่มต่างๆ เช่น กลุ่มที่มีระดับกิจกรรมทางเพศสูง หรือกลาง หรือต่ำ และกำหนดให้บุคคลที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีลักษณะเหมือนกัน ตัวแบบประเภทนี้มีนักวิจัยหลายคนได้พัฒนาขึ้น โดยอาจพิจารณาเฉพาะกลุ่มบุคคลที่รักร่วมเพศกลุ่มเดียว หรือพิจารณากลุ่มบุคคลที่รักต่างเพศด้วย ตัวแบบอาจมีลักษณะเป็นตัวแบบเชิงกำหนด (deterministic) หรือตัวแบบเชิง Stochastic เช่น ผลงานของ Bulatao and Bos (1988), Bongaarts (1989), John (1988), Anderson, May and McLean (1988), Palloni and Lamas (1991) เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างความเข้าใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับปัจจัยที่กำหนดรูปแบบของการติดเชื้อ และผลกระทบต่อประชากร

ในการศึกษาผลกระทบของการระบาดของเชื้อ HIV/AIDS ในประเทศไทย จะพิจารณาตัวแบบในลักษณะของกลุ่มที่สามโดยใช้ตัวแบบที่พัฒนาโดย May, Anderson and McLean(1988)และปรับปรุงพัฒนาโดย Anderson et al (1989, 1991, 1992) Garnett and Anderson (1993a, 1994) และ Gregson, Garnett and Anderson(1994a, 1994b, 1996) ทั้งนี้จะนำผลการศึกษาที่มีผู้ได้ทำการวิจัยไว้แล้วมาพิจารณาประกอบ โดยเฉพาะการกำหนดค่าต่างๆ ให้กับพารามิเตอร์ในตัวแบบ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ พารามิเตอร์ด้านประชากร(demographic parameters) พารามิเตอร์ด้านชีววิทยา(biological parameters) และพารามิเตอร์ด้านพฤติกรรม(behavioral parameters) ผู้วิจัยจะทำการพิจารณาสถานการณ์ที่มี

ความเป็นไปได้โดยอิงข้อมูลที่มีอยู่ด้วยการกำหนดสภาพการณ์(scenarios)ต่างๆ ตามความเหมาะสม และศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับประชากร โดยมีการตรวจสอบความเป็นไปได้ และความไวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดหรือข้อสมมติเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์(Sensitivity analysis) ด้วย

กระบวนการดำเนินงานวิจัย

1. กำหนดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้วัดผลกระทบของการระบาดของเชื้อHIV/AIDS ที่มีต่อประชากร โดยพารามิเตอร์ในตัวแบบแบ่งออกได้เป็นพารามิเตอร์ด้านประชากร พารามิเตอร์ด้านชีววิทยา และพารามิเตอร์ด้านพฤติกรรม

2. รวบรวมข้อมูลจากการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ เพื่อนำมาช่วยกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้

3. แบ่งพารามิเตอร์ในตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 กลุ่มตามระดับข้อมูลหรือสารสนเทศที่มีเกี่ยวกับค่าที่สามารถกำหนดให้กับพารามิเตอร์เหล่านี้

กลุ่มที่ 1 ได้แก่กลุ่มที่มีข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้อย่างชัดเจน

กลุ่มที่ 2 ได้แก่กลุ่มที่มีข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้บ้างหรือบางส่วน

กลุ่มที่ 3 ได้แก่กลุ่มที่ไม่สามารถหาข้อมูลอ้างอิงได้ หรือไม่มีข้อมูลเฉพาะที่เป็นประสบการณ์ของประเทศไทย

4. ดำเนินการศึกษาผลกระทบในระดับประเทศโดยการกำหนดค่าให้กับพารามิเตอร์แต่ละตัวจากข้อมูลและสารสนเทศรวมทั้งผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่รวบรวมได้ รวมทั้งการคาดประมาณค่าของพารามิเตอร์ที่ไม่มีข้อมูลพอ

5. ทำการตรวจสอบความเหมาะสมของค่าที่กำหนดให้พารามิเตอร์ที่ไม่มีข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้แน่นอนด้วยการทำ sensitivity analysis

6. เลือกค่าพารามิเตอร์ชุดที่ตรวจสอบพบว่าเหมาะสม

7. คำนวณจำนวนผู้ติดเชื้อและผู้ป่วยโรคเอดส์ จำนวนผู้เสียชีวิต และจำนวนประชากรหลังเกิดการระบาดของHIV/AIDS เพื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการระบาดของHIV/AIDS และศึกษาผลกระทบที่มีต่อประชากรในระดับประเทศ

8. ศึกษากรณีเฉพาะภาคเหนือของประเทศไทย โดยดำเนินการในขั้นตอนที่ 4-8 ซ้ำกับข้อมูลของภาคเหนือ

3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่สามารถนำมาใช้เป็นกรอบในการพิจารณาเลือกใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่ออธิบายถึงผลกระทบของการระบาดของเชื้อ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรของประเทศไทยได้ โดยการพิจารณาจะอิงลักษณะการระบาดของเชื้อ HIV/AIDS ซึ่งสำหรับประเทศไทยแล้ว พบว่ามีการระบาดในหมู่ผู้ที่มีพฤติกรรมรักต่างเพศนอกเหนือจากกลุ่มผู้ที่มีพฤติกรรมรักร่วมเพศและผู้ติดเชื้อจากการเสพยาเสพติดชนิดฉีดเข้าเส้นด้วย ทั้งนี้ตัวแบบที่จะพิจารณาคือตัวแบบที่พิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆที่มีอิทธิพลต่อการติดเชื้อเป็นหลัก และพิจารณาถึงผลกระทบที่จะมีต่อประชากรทั้งในจำนวนและในโครงสร้างอายุ จากผลงานการวิจัยซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากพอสมควรที่ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายลักษณะการระบาดของเชื้อ HIV/AIDS โดยการพิจารณาปัจจัยต่าง ๆที่มีอิทธิพลต่อการติดเชื้อในช่วงเวลาตั้งแต่ประมาณปีค.ศ. 1985 เป็นต้นมานั้น จะกล่าวเฉพาะผลงานวิจัยที่น่าสนใจสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ดังนี้

Anderson, May and McLean (1988) และ May and Anderson (1991) ได้เสนองานวิจัยเริ่มแรกโดยการใช้ตัวแบบที่ค่อนข้างเรียบง่ายและใช้ข้อมูลที่หาได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ด้านชีวภาพและพฤติกรรม ผลที่พบคือการระบาดของเชื้อ HIV/AIDS อาจทำให้อัตราการเพิ่มประชากรที่เคยสูงในภูมิภาค sub-Saharan เปลี่ยนเป็นลบได้ในเวลาไม่กี่สิบปี จากการเพิ่มองค์ประกอบด้านโครงสร้างอายุเข้าไปในตัวแบบ ปรากฏว่า การระบาดของเชื้อ HIV/AIDS ไม่มีผลกระทบต่ออัตราส่วนการเป็นภาระหรืออัตราส่วนการพึ่งพิง (dependency ratio) ของประชากรในภูมิภาค sub-Saharan

ผลงานในระยะต่อมาได้แก่ผลงานของ Anderson (1991b) Anderson, Gupta and Ng (1990) Anderson et al.(1991,1992) และ Gupta, Anderson and May (1989) ซึ่งได้นำความแตกต่างหรือหลากหลายในเรื่องของพฤติกรรมและระดับการมีความสัมพันธ์ทางเพศระหว่างกลุ่มอายุและกลุ่มที่มีระดับกิจกรรมทางเพศ(sexual activity group)แตกต่างกันเข้ามาในตัวแบบ รวมทั้งการนำรูปแบบการจับคู่ (mixing pattern) เข้ามาในตัวแบบโดยพิจารณากรณีตั้งแต่การจับคู่แบบ fully assortative ซึ่งหมายถึงการที่บุคคลเพศหนึ่งจะจับคู่กับเพศตรงข้ามที่อยู่ในกลุ่มอายุและกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศเดียวกัน ไปจนถึงแบบ random mixing ซึ่งหมายถึงกรณีที่โอกาส

ของการเลือกคู่จากกลุ่มหนึ่งเป็นสัดส่วนกับจำนวนคู่ที่เป็นไปได้ภายในกลุ่มนั้น กับแบบ fully disassortative ซึ่งเป็นกรณีที่บุคคลเพศหนึ่งจะจับคู่กับเพศตรงข้ามที่ไม่อยู่ในกลุ่มอายุและกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศเดียวกันเลย โดยเฉพาะผลงานของ Anderson(1991a, 1992) และ Anderson et al. (1991) ซึ่งแสดงว่าความแตกต่างเชิงพฤติกรรมและความแตกต่างภายในเครือข่ายของการมีความสัมพันธ์ทางเพศสามารถอธิบายถึงความแตกต่างที่เกิดกับจำนวน รูปแบบและลักษณะผลกระทบทางประชากรของการระบาดของเชื้อ HIV/AIDS การมีกิจกรรมทางเพศในระดับสูง ความแตกต่างในอัตราการเปลี่ยนคู่ที่สูงมาก และการจับคู่ข้ามกลุ่มอายุและกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศอย่างหลากหลาย ระหว่างผู้ที่อยู่ในกลุ่มที่มีอัตราการเปลี่ยนคู่สูงและต่ำจะมีผลรวมทำให้เกิดการระบาดที่รุนแรงมากขึ้นและมีผลกระทบต่อลักษณะทางประชากรแรงขึ้น

ผลงานของ Gregson, Garnett and Anderson (1994b) และ Gregson et al.(1994) แสดงว่าระยะเวลาฟักตัว(incubation period) ซึ่งหมายถึงระยะเวลาหลังการติดเชื้อกับการแสดงอาการของโรคเอดส์ จะมีผลต่อขนาด รูปแบบ และผลของการระบาดของเชื้อ HIV/AIDS เป็นอย่างมากได้เช่นกัน โดยระยะฟักตัวที่สั้นลงอาจทำให้การระบาดมีขอบเขตลดลงแต่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางประชากรที่รุนแรงขึ้นในระยะสั้นถึงระยะปานกลาง

นอกจากนี้ Anderson et al. (1989) และ Rowley, Anderson and Ng (1990) ยังได้พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างจังหวะเวลาของการเริ่มใช้มาตรการควบคุมและป้องกันการแพร่เชื้อในช่วงของการระบาด กับประสิทธิผลในการลดการแพร่ระบาดของการติดเชื้อ HIV/AIDS ไม่อยู่ในรูปแบบสมการเชิงเส้นตรง ทำให้การเริ่มโครงการควบคุมและป้องกันในระยะเริ่มต้นมีศักยภาพที่จะให้ประโยชน์สะสมสูงในระยะยาว

สำหรับผลงานในช่วงตั้งแต่ค.ศ. 1994 เป็นต้นมานั้น Gregson, Garnett and Anderson (1994a) และ Gregson et al. (1994) ได้ปรับปรุงตัวแบบเพื่อศึกษาถึงลักษณะและปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะประชากรอันเป็นผลเนื่องมาจากการระบาดของ HIV/AIDS ผลการวิจัยยืนยันว่าการระบาดของ HIV/AIDS มีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่ออัตราส่วนการเป็นภาระ อย่างไรก็ตามอายุมัธยฐานของผู้ที่อยู่ในวัยทำงานอาจลดลงระหว่าง 2-5 ปี และการระบาดของเชื้อ HIV/AIDS อาจทำให้เกิดความไม่สมดุลในอัตราส่วนเพศของประชากรผู้ใหญ่ได้

ในส่วนของประเทศไทยนั้น มีความพยายามในการสร้างตัวแบบของการระบาดของ HIV/AIDS ในประเทศไทยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 โดยเจ้าหน้าที่กองระบาดวิทยา สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงสาธารณสุข ได้ใช้ Extrapolation Model และ Epimodel ในการคาดประมาณจำนวนผู้ติดเชื้อและผู้ป่วยด้วยโรคเอดส์ จากนั้นในปี ค.ศ. 1992 ได้มีการตั้งทีมงานคือ Thai

Working Group on HIV/AIDS Projection เพื่อสร้างตัวแบบขึ้นโดยใช้ IWGAIDS Model ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Stanley et al (1991) (Sittitrai et al (1992)) ต่อมาในปี ค.ศ. 1994 สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ(NESDB)ร่วมกับโครงการโรคเอดส์ สภากาชาดไทย กองระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล และ East West Center ได้สร้างตัวแบบขึ้นโดยใช้ Epimodel กับ Simple Process Model (Brown at al (1994)) Chin (1995)ได้ใช้ Epimodel ในการสร้างตัวแบบของการระบาดของ HIV/AIDS ในเอเชียรวมทั้งประเทศไทย ซึ่งในช่วงปลายปีเดียวกัน สุวาณี สุรเสียงสังข์(1995) ได้ใช้ EMS Backcalculation Model ในการสร้างตัวแบบในประเทศไทย รวมทั้งการศึกษาผลกระทบที่มีต่อการประกันภัย และท้ายสุดในปี 1996 Robinson et al (1996) ได้ใช้ SimulAIDS ในการสร้างตัวแบบของการระบาดของโรค เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของการใช้ถุงยางอนามัยในการป้องกันโรค โดยกำหนดระดับการใช้ถุงยางอนามัยจาก 14% ถึง 90%

ตารางต่อไปนี้เป็นค่าประมาณจำนวนผู้ติดเชื้อ HIV สะสมในปี ค.ศ. 2000 ในประเทศไทยที่รายงานโดยผู้วิจัยหรือกลุ่มผู้วิจัยต่างๆ

ผู้วิจัย	จำนวนผู้ติดเชื้อHIVสะสมในปี ค.ศ. 2000 (ล้านคน)
Thai Working Group (Sittitrai et al, 1992)	2-4
NESDB (Brown et al, 1994)	1.4-1.8
Chin (1995)	0.5-2.9
สุวาณี สุรเสียงสังข์ (1995)	1.2-2.1
Robinson et al (1996)	1-6

4 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อวัดผลกระทบของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากร

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้เพื่อวัดผลกระทบของการระบาดของเชื้อHIV/AIDSที่มีต่อประชากร เป็นตัวแบบที่พัฒนาขึ้นโดย Anderson et al (1989, 1991, 1992) และมีการปรับปรุงเพิ่มเติมโดย Garnett and Anderson (1993, 1994) Gregson, Garnett and Anderson (1994a, 1994b) และพิจารณาแยกตามกลุ่มอายุเพิ่มเติมโดย Gregson, Garnett and Anderson (1996) ตัวแบบมีลักษณะเป็นตัวแบบเชิงกำหนด(deterministic) คือเป็นตัวแบบที่คำนวณจำนวนผู้ติดเชื้อโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องลงในตัวแบบ และมีลักษณะแยกส่วน (compartmental in structure) คือพิจารณาประชากรแยกออกเป็นกลุ่มต่างๆ ได้แก่กลุ่มที่มีความ

เสี่ยงต่อการติดเชื้อ(susceptibles) กลุ่มผู้ติดเชื้อ(infecteds) และกลุ่มผู้ป่วยเอดส์(AIDS) เพื่ออธิบายการเกิดผลเชิงระบาดวิทยาและประชากรศาสตร์ในประชากรที่แบ่งกลุ่มตามอายุและเพศ ตัวแบบนี้ถูกกำหนดด้วยสมการอนุพันธ์เชิงส่วน 4 สมการ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงชีววิทยา ตัวแปรเชิงพฤติกรรมและตัวแปรเชิงประชากร โดยแบ่งประชากรทั้งสิ้นออกเป็นผู้ที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการติดเชื้อ($X_{kl}(a,t)$) ผู้ที่ติดเชื้อHIV ($Y_{skl}(a,t)$) และผู้ป่วยโรคเอดส์ ($A_{kl}(a,t)$) ณ คาบเวลา t แยกตามเพศ (k) และ อายุ (a) ดังนี้

$$\frac{\partial X_{kl}(a,t)}{\partial a} + \frac{\partial X_{kl}(a,t)}{\partial t} = -[\lambda_{kli}(t) + \mu_k(a)]\, X_{kl}(a,t) \qquad (1)$$

$$\frac{\partial Y_{1kl}(a,t)}{\partial a} + \frac{\partial Y_{1kl}(a,t)}{\partial t} = \lambda_{kli}(t)\, X_{kl}(a,t) - [\gamma_1(a) + \mu_k(a)]\, Y_{1kl}(a,t) \qquad (2)$$

$$\frac{\partial Y_{skl}(a,t)}{\partial a} + \frac{\partial Y_{skl}(a,t)}{\partial t} = \gamma_{s-1}(a)\, Y_{(s-1)kl}(a,t) - [\gamma_s(a) + \mu_k(a)]\, Y_{skl}(a,t) \qquad (3)$$

$$\frac{\partial A_{kl}(a,t)}{\partial a} + \frac{\partial A_{kl}(a,t)}{\partial t} = \gamma_3(a)\, Y_{3kl}(a,t) - [\mu_k(a) + \alpha(a)]\, A_{kl}(a,t) \qquad (4)$$

เมื่อ k = 1, 2 แทนเพศโดย 1= ชาย และ 2= หญิง

l = 1, 2, ... , n แทนกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ (sexual activity class) ซึ่งถูกกำหนดโดยอัตราการเปลี่ยนคู่ต่อหน่วยเวลา

i แทนกลุ่มอายุ

$X_{kl}(a,t)$ คือจำนวนผู้มีโอกาสติดเชื้อที่เป็นเพศ k กลุ่มระดับกิจกรรม l อายุ a ณ คาบเวลา t

$Y_{skl}(a,t)$ คือจำนวนผู้ติดเชื้อHIVที่เป็นเพศ k กลุ่มระดับกิจกรรม l อายุ a ณ คาบเวลา t

$A_{kl}(a,t)$ คือจำนวนผู้ป่วยโรคเอดส์ที่เป็นเพศ k กลุ่มระดับกิจกรรม l อายุ a ณ คาบเวลา t

$N_{kl}(a,t)$ คือจำนวนคนในประชากรแยกตามเพศ k กลุ่มระดับกิจกรรม l อายุ a ณ คาบเวลา t

$\mu_k(a)$ คืออัตราตายแยกตามอายุและเพศ

$\gamma_s(a)$ (s=1,2,3) คืออัตราการเปลี่ยนจากสถานะการเจ็บป่วยจากขั้น s ไปเป็นขั้น s+1 ในกลุ่มคนอายุ a โดยขั้นที่ 1, 2 และ 3 เป็นสถานะการเจ็บป่วยที่พัฒนาไปหลังจากติดเชื้อและอยู่ในระยะฟักตัว (incubation period) โดยกำหนดเป็น 3 ขั้นตามระดับการแพร่เชื้อจากระดับสูงในขั้นแรก เป็นระดับต่ำในขั้นที่สอง และกลับสูงมากในขั้นที่สามก่อนที่จะแสดงอาการของโรคเอดส์

ในกรณีที่ s = 3 $\gamma_3(a)$ คืออัตราการเปลี่ยนสถานะไปสู่การแสดงอาการเอดส์

$\alpha(a)$ คืออัตราการตายที่เกี่ยวเนื่องจากโรคเอดส์ตามอายุ โดยอายุในช่วงวัยเจริญพันธ์แยกออกได้เป็นช่วง 5 ปีรวม 7 กลุ่ม

$\lambda_{kli}(t)$ คืออัตราการติดเชื้อต่อปีของบุคคลที่มีโอกาสเสี่ยง (susceptible) ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนคู่(rate of partner change)ในแต่ละกลุ่มอายุกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ และความน่าจะเป็นของการจับคู่(probability of mixing)ในแต่ละกลุ่มอายุ เพศ และระดับกิจกรรมทางเพศ

สำหรับ $\lambda_{kli}(t)$ ซึ่งเป็นอัตราการติดเชื้อต่อปีของบุคคลที่มีโอกาสเสี่ยงนี้ Gregson, Garnett and Anderson (1996) ได้แสดงความสัมพันธ์ของอัตรานี้กับอัตราการเปลี่ยนคู่ ความน่าจะเป็นของการจับคู่ และความน่าจะเป็นของการติดต่อ (transmission probability) ดังนี้

$$\lambda_{kli}(t) = \sum_{j=1}^{n_1}\sum_{m=1}^{n_2}\left(c^*_{klmij}(t)\,\rho_{klmij}\,\frac{\sum_{s=1}^{3}\beta_{sk}\,Y_{sk'mj}(t)}{N_{k'mj}(t) - A_{k'm}(t)} \right)$$

เมื่อ c^*_{klmij} คืออัตราการเปลี่ยนคู่ (rate of partner change) หรืออัตราต่อปีที่บุคคลเพศ k กลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ l และกลุ่มอายุ i มีคู่เพศตรงข้ามซึ่งอยู่ในกลุ่มกิจกรรม m และกลุ่มอายุ j

ρ_{kijlm} คือ ความน่าจะเป็นของการจับคู่ (probability of mixing) หรือความน่าจะเป็นที่บุคคลเพศ k ระดับกิจกรรมทางเพศ l กลุ่มอายุ i จะมีคู่เพศตรงข้ามซึ่งอยู่ในกลุ่มระดับกิจกรรม m และกลุ่มอายุ j

β_{sk} คือ ความน่าจะเป็นในการติดเชื้อจากผู้ติดเชื้อที่อยู่ในสถานะ s อายุ k' ไปสู่ผู้ที่อยู่ในกลุ่มอายุ k หรือความน่าจะเป็นของการติดเชื้อ(transmission probability) ซึ่งจะหมายความถึงการติดต่อระหว่างคู่สัมพันธ์ และเป็นอัตราต่อคู่ (partner)

สำหรับความน่าจะเป็นของการติดต่อจากมารดาสู่บุตร (perinatal transmission probability)นั้น จะแยกพิจารณาต่างหากโดยใช้สัญลักษณ์ φ_s

ดังนั้น จึงอาจสรุปพารามิเตอร์และตัวแปรต่างๆในตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่จะใช้พิจารณาได้ดังตารางต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 1 ความหมายของพารามิเตอร์และตัวแปรที่ใช้ในตัวแบบ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
subscripts		
i,j	กลุ่มอายุ	
l,m	กลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ	
k	เพศ	
s	สถานภาพการติดเชื้อ	
ตัวแปร		
$X_{kl}(a,t)$	จำนวนผู้มีโอกาสเสี่ยง	
$Y_{skl}(a,t)$	จำนวนผู้ติดเชื้อ	
$A_{kl}(a,t)$	จำนวนผู้ป่วยโรคเอดส์	
$N_{kl}(a,t)$	จำนวนประชากร	
พารามิเตอร์ด้านชีววิทยา		
$\lambda_{kli}(t)$	อัตราการติดเชื้อของผู้มีโอกาสเสี่ยง	อัตราต่อคนต่อปี
$\gamma_s(a)$	อัตราการเปลี่ยนสถานภาพการติดเชื้อ	อัตราต่อคนต่อปี
$\alpha(a)$	อัตราตายสำหรับผู้ป่วยเอดส์	อัตราต่อคนต่อปี
β_{sk}	ความน่าจะเป็นของการติดเชื้อ	ต่อคู่
φ_s	ความน่าจะเป็นของการติดต่อจากมารดาสู่บุตร	ต่อการเกิด
พารามิเตอร์ด้านพฤติกรรม		
c^*_{klmij}	อัตราการเปลี่ยนคู่	ต่อปี
ρ_{kijlm}	ความน่าจะเป็นของการจับคู่	
พารามิเตอร์ด้านประชากร		
$\mu_k(a)$	อัตราตาย	ต่อคนต่อปี
θ_i	อัตราเจริญพันธ์	ต่อหญิงต่อปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5 การกำหนดค่าเบื้องต้นของพารามิเตอร์ในตัวแบบ

ในการคาดประมาณผลกระทบที่มีต่อประชากรจากการแพร่ระบาดของเชื้อHIV/AIDS โดยการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้ จำเป็นที่จะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบอย่างเหมาะสมและใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการศึกษาถึงผลที่จะเกิดขึ้นในระยะยาวโดยการให้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์แสดงภาพการเปลี่ยนแปลงของการแพร่ระบาดการติดเชื้อ และการเปลี่ยนสถานภาพการติดเชื้อไปจนกระทั่งแสดงอาการเป็นผู้ป่วยโรคเอดส์ในแต่ละคาบเวลาต่อเนื่องกันไปตลอดช่วงที่สนใจ จนได้ภาพของผลกระทบสะสมที่จะมีต่อลักษณะประชากรของประเทศไทย ดังนั้นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบจึงกระทำด้วยความระมัดระวัง โดยการศึกษาผลงานวิจัยที่มีอยู่ในประเทศต่างๆ และโดยเฉพาะของประเทศไทย รวมทั้งค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาวิจัยต่างๆ

สำหรับค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบนั้น อาจแบ่งตามระดับของข้อมูลที่มีออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกันได้แก่

1) กลุ่มที่มีข้อมูลชัดเจนพอที่จะกำหนดค่าพารามิเตอร์ได้ ซึ่งมักจะเป็นพารามิเตอร์ในด้านประชากร เช่น จำนวนประชากรตามอายุและเพศ อัตราเจริญพันธ์ตามอายุ และอัตราตายตามอายุและเพศ ซึ่งมีแหล่งข้อมูลอ้างอิงที่ชัดเจน หรือมีข้อมูลอื่นที่เชื่อถือได้ที่นำมากำหนดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ได้
2) กลุ่มที่มีข้อมูลบ้างแต่ยังไม่ชัดเจนหรือไม่มีการยืนยันอย่างชัดเจนเกี่ยวกับความเชื่อถือได้ที่จะให้เป็นข้อมูลในระดับประเทศ หรืออาจไม่ใช่เป็นข้อมูลของประเทศไทยโดยตรง พารามิเตอร์ในกลุ่มนี้มักเป็นพารามิเตอร์ด้านชีววิทยา เช่น อัตราการติดเชื้อระหว่างคนในกลุ่มต่างๆ อัตราการพัฒนาของโรคจากสถานภาพหนึ่งไปสู่อีกสถานภาพหนึ่ง ความน่าจะเป็นของการติดต่อของโรคต่อคู่ (probability of transmission per partner) เป็นต้น
3) กลุ่มที่ไม่มีข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้อย่างชัดเจน แต่ต้องอาศัยการกำหนดค่าโดยอิงประสบการณ์จากการศึกษาในประเทศอื่น หรือใช้การคาดคะเนจากประสบการณ์ของผู้วิจัย ซึ่งมักเป็นพารามิเตอร์ในกลุ่มพฤติกรรม เช่น สัดส่วนประชากรจำแนกตามกลุ่มอายุและกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ อัตราการเปลี่ยนคู่ รูปแบบการจับคู่ เป็นต้น

ดังนั้น จากตาราง1 จะเสนอการกำหนดค่าพารามิเตอร์ทีละกลุ่ม โดยจะนำเสนอข้อมูลและแหล่งอ้างอิงที่มีอยู่เพื่อนำไปสู่การกำหนดค่าของพารามิเตอร์เบื้องต้นหรือชุดแรกเพื่อพิจารณาต่อไป

5.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ด้านประชากร (Demographic parameters)

1. จำนวนประชากรจำแนกรายเพศและอายุ

ข้อมูลจำนวนประชากรรายเพศและอายุเป็นข้อมูลที่ได้มาจากจำนวนประชากรเมื่อ พ.ศ. 2528 (ค.ศ. 1985) จากการคาดประมาณประชากรของประเทศไทย 2523-2548 ในระดับอัตราเจริญพันธ์ปานกลาง ของกองวางแผนทรัพยากรมนุษย์ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (มิถุนายน 2534) (หน้า 15) และนำมาหาจำนวนแยกตามเพศและอายุโดยการใช้สัดส่วนของประชากรจำแนกตามเพศและอายุจากตาราง 1 ของรายงานการสำรวจการเปลี่ยนแปลงของประชากร พ.ศ. 2528-2529 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี ได้ข้อมูลจำนวนประชากรจำแนกตามเพศและอายุตามที่แสดงในตาราง 2

2. อัตราภาวะเจริญพันธ์รายอายุ (Age specific fertility rate)

ข้อมูลอัตราภาวะเจริญพันธ์รายอายุ ได้มาจากการสำรวจสุขภาพและประชากรของประเทศไทย โดย Chayovan N., Kamnuansilpa P. and Knodel J. (1987) สำหรับกรณีที่อัตราเจริญพันธ์รวม (TFR) เท่ากับ 2.21 จากตาราง 3.1 หน้า 36 ข้อมูลอัตราภาวะเจริญพันธ์รายอายุแสดงในตาราง 3

3. อัตราภาวะการตายจำแนกรายเพศและอายุ (Age-specific mortality rate by sex)

สำหรับข้อมูลอัตราภาวะการตายจำแนกรายเพศและอายุนั้น ใช้ข้อมูลอัตราตายจำแนกตามเพศและอายุจากการสำรวจการเปลี่ยนแปลงของประชากร พ.ศ. 2528-2529 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี (ตาราง 11) และทำการปรับสำหรับช่วงอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไปโดยการใช้ตารางชีพของ Coale and Demeny(1966) ที่เป็น West model สำหรับกรณีอายุขัยเฉลี่ยเมื่อแรกเกิด (e_0) ของชายเท่ากับ 63.636 และของหญิงเท่ากับ 70.00 โดยใช้ตาราง level 20 สำหรับชาย และlevel 21 สำหรับหญิง ข้อมูลอัตราภาวะการตายจำแนกรายเพศและอายุแสดงไว้ในตาราง 3

5.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ด้านชีววิทยา (Biological Parameters)

พารามิเตอร์ด้านชีววิทยาได้แก่พารามิเตอร์เกี่ยวกับการติดเชื้อหรือการติดต่อของโรค รวมทั้งการเปลี่ยนสถานภาพจากการติดเชื้อขั้นที่ 1 ไปสู่ขั้นที่ 2 และ 3 จนกระทั่งการแสดงอาการของเอดส์และการเสียชีวิตในที่สุด สำหรับประเทศไทยนั้น การติดต่อของโรคเกิดจากการมีเพศสัมพันธ์ระหว่างเพศและการติดต่อจากมารดาสู่บุตร(perinatal transmission)เป็นหลัก ดังนั้น ในตัวแบบจึงไม่นำการติดต่อของโรคจากการติดต่อจากเลือด หรือการติดต่อระหว่างบุคคลเพศเดียวกันมาพิจารณา

1. ระยะเวลาหลังการติดเชื้อจนแสดงอาการเอดส์ (Progression time to AIDS)

สำหรับระยะเวลาหลังการติดเชื้อจนแสดงอาการเอดส์นั้น ปรากฏว่าข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาในการพัฒนาจากการติดเชื้อไปสู่โรคเอดส์และการเสียชีวิตในประเทศไทยนั้นมีจำกัดมาก แต่ข้อมูลจากการศึกษาในประเทศตะวันตกพบว่า ค่ามัธยฐานของระยะเวลาการฟักตัว (median incubation time)ของโรคเอดส์อยู่ระหว่าง 9-10 ปี ส่วนประสบการณ์ทางคลีนิคของประเทศไทยแสดงข้อมูลที่ต่ำกว่านี้ ซึ่งน่าจะเป็นเนื่องจากในระยะเริ่มต้นของการแพร่ระบาด การวินิจฉัยโรคอาจจะยังทำได้ไม่ดีนัก ผู้ที่พัฒนาไปสู่ระยะที่แสดงอาการของโรคเอดส์เร็วกว่าย่อมถูกวินิจฉัยได้ก่อน และปรากฏในข้อมูลที่เก็บก่อนผู้ที่แสดงอาการช้ากว่า จึงอาจกำหนดระยะเวลาฟักตัวก่อนแสดงอาการเอดส์ในประเทศไทยไม่ต่างจากในประเทศตะวันตกมากนัก อย่างไรก็ตาม สมควรที่จะปรับระยะเวลาหลังการติดเชื้อจนแสดงอาการเอดส์ในประเทศไทยให้ต่ำลงเล็กน้อย เนื่องจากการขาดการดูแลรักษาหลังการติดเชื้อ (primary prophylactic and antiretroviral treatment) จากการวินิจฉัยโรคได้ช้ากว่าในประเทศตะวันตกและข้อจำกัดของการหายารักษาโรค ผู้วิจัยจึงกำหนดระยะฟักตัวหรือระยะเวลาหลังการติดเชื้อจนแสดงอาการเอดส์ลดลง 1 ปี กล่าวคือ กำหนดระยะเวลาหลังการติดเชื้อจนแสดงอาการเอดส์ของผู้ใหญ่ในประเทศไทยเท่ากับ 8.5 ปี โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะแรกหรือขั้นที่ 1 เท่ากับ 0.5 ปี เป็นระยะเฉียบพลัน (acute) ที่มีความน่าจะเป็นของการติดต่อสูง ระยะที่สองหรือขั้นที่ 2 เท่ากับ 7.5 ปี คือ ระยะพักตัว (dormant) ซึ่งมีความน่าจะเป็นของการติดต่อต่ำ และระยะที่สามหรือขั้นที่ 3 เท่ากับ 0.5 ปี คือ ระยะฟื้นตัว (active) ซึ่งมีความน่าจะเป็นของการติดต่อสูงอีก ส่วนในกรณีของทารกนั้น ไม่มีข้อมูลชัดเจนเกี่ยวกับระยะเวลาฟักตัวของเชื้อ HIV แต่จากการสังเกตทางคลีนิคพบว่า ประมาณ 50% จะแสดงอาการเอดส์เมื่ออายุ 4 ปี (คำบอกเล่าของDr. Nathan Shaffer, 1996)

2. อัตราการเปลี่ยนสถานภาพการติดเชื้อ (Transition rate (γ))

จากการกำหนดให้การพัฒนาจากการติดเชื้อไปจนถึงการแสดงอาการโรคเอดส์แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน(s เมื่อ s=1,2,3) คือขั้นตอนแรกเป็นระยะเฉียบพลัน (acute) ที่มีความน่าจะเป็นของการติดต่อสูง ขั้นที่ 2 คือ ระยะพักตัว (dormant) ซึ่งมีความน่าจะเป็นของการติดต่อต่ำ และขั้นที่ 3 คือ ระยะฟื้นตัว (active) ซึ่งมีความน่าจะเป็นของการติดต่อสูงอีก ในที่นี้ ได้ใช้เวลาฟักตัวเฉลี่ยของโรคก่อนแสดงอาการเอดส์เท่ากับ 8.5 ปี แบ่งเป็นระยะเฉียบพลัน 0.5 ปี ระยะพักตัว 7.5 ปี และระยะฟื้นตัว 0.5 ปี สามารถคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนสถานภาพการติดเชื้อ(transition rate) เป็น 2, 0.13 และ 2 ต่อคนต่อปีตามลำดับ หรือ

s	1	2	3
γ_s	2	0.13	2

3. ความน่าจะเป็นของการติดต่อ (Probability of transmission (β))

โดยอาศัยข้อมูลจาก HIV seroprevalence ของทหารเกณฑ์ และของผู้หญิงขายบริการทางเพศ Mastro et al (1994) ได้ประมาณค่าโดยอ้อมของความน่าจะเป็นของการติดต่อโรคต่อครั้งของชายจากหญิงขายบริการทางเพศในภาคเหนือว่าอยู่ระหว่าง 0.03 ถึง 0.06 อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวนี้ ไม่อาจนำมาใช้สำหรับระดับประเทศหรือโดยทั่วไปได้เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลมาจากกลุ่มที่มีจำนวนผู้ติดเชื้อ HIV ในระดับรุนแรงจำนวนมาก รวมทั้งมีความชุกของโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์สูง และอัตราการเปลี่ยนคู่ในระดับสูง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่เชื่อกันว่าทำให้โอกาสของการติดต่อโรคสูงขึ้น การศึกษาคู่สมรสที่อยู่กินด้วยกันในจังหวัดเชียงใหม่ Mastro et al (1994) ให้ค่าประมาณที่น่าจะใกล้ความเป็นจริงมากกว่า คือ ให้ความน่าจะเป็นของการติดต่อจากสามีไปสู่ภรรยาเท่ากับ 0.002 ต่อครั้ง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า 0.001 ในงานวิจัยเรื่องเดียวกันในกลุ่มประเทศตะวันตก (Duerr et al (1994)) สำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบที่ใช้ จะกำหนดค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการติดต่อโรคต่อคู่(partner) เนื่องจากมีงานวิจัยที่พิสูจน์ว่าค่าประมาณความน่าจะเป็นต่อคู่จะมีความถูกต้องมากกว่าค่าความน่าจะเป็นของการติดต่อโรคต่อครั้ง(Garnett and Anderson(1994)) ในกรณีของประเทศไทยยังไม่มีงานวิจัยที่ให้ค่าความน่าจะเป็นของการติดต่อของโรคต่อคู่ แต่เนื่องจากค่าความน่าจะเป็นของการติดต่อต่อครั้งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่พบในงานวิจัยในประเทศตะวันตก ดัง

นั้น จึงได้กำหนดค่าความน่าจะเป็นของการติดต่อโรคต่อคู่ เท่ากับค่าที่ได้จากงานวิจัยในประเทศตะวันตก(Peterman et al(1988)) กล่าวคือ กำหนดค่าความน่าจะเป็นของการติดต่อจากชายสู่หญิงเท่ากับ 0.2 และจากหญิงสู่ชายเท่ากับ 0.1 นอกจากนี้ จากงานวิจัยของ Mastro กับ de Vincenzi(1996) ผู้วิจัยพบว่าค่าความน่าจะเป็นของการติดต่อจะเปลี่ยนแปรไปตามสถานภาพของโรค จึงต้องพิจารณาอัตราการเปลี่ยนสถานภาพของโรคมาประกอบด้วย โดยได้กำหนดระยะฟักตัวไว้เท่ากับ 8.5 ปี พร้อมทั้งให้ความน่าจะเป็นของการติดต่อในระยะเฉียบพลันและระยะฟื้นตัวเท่ากัน จึงสามารถกำหนดค่าความน่าจะเป็นของการติดเชื้อสำหรับแต่ละเพศและสถานภาพ(β_{sk})ดังนี้

s	1	2	3
ชาย→ หญิง	0.356	0.178	0.356
หญิง→ ชาย	0.178	0.089	0.178

4. ความน่าจะเป็นของการติดต่อจากมารดาสู่บุตร(Perinatal transmission probability (φ))

สำหรับความน่าจะเป็นของการติดต่อจากมารดาสู่บุตรนั้น ในปัจจุบันมีการดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับโอกาสการติดต่อจากมารดาสู่บุตรในประเทศไทยอยู่หลายโครงการ แต่เท่าที่มีข้อมูลอยู่ในขณะนี้ ไม่ปรากฏว่าพบโอกาสของการติดต่อจากมารดาสู่บุตรที่สูงกว่าที่พบในประเทศอุตสาหกรรมโดยทั่วไป จากการศึกษาของกระทรวงสาธารณสุขร่วมกับ U.S. Centre for Disease Control ที่กรุงเทพมหานคร พบว่าค่าความน่าจะเป็นของการติดต่อจากมารดาสู่บุตรเท่ากับ 0.24 (Shaffer et al (1996)) ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่พบในประเทศอื่นๆ นอกจากนี้ ยังพบว่า การนำ antiretroviral treatment มาใช้ก่อนและระหว่างการคลอดอาจมีผลทำให้ความน่าจะเป็นของการติดต่อจากมารดาสู่บุตรลดลงถึง 2 ใน 3 ทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการติดต่อจากมารดาสู่บุตรเหลือเพียง 0.08 (Conner et al (1994)) อย่างไรก็ตาม antiretroviral treatment นั้นเพิ่งมีการนำมาใช้เมื่อไม่นานมานี้ และยังไม่เป็นที่แน่นอนว่าจะสามารถนำมาใช้กับหญิงมีครรภ์ที่ติดเชื้อ HIV ได้อย่างกว้างขวางเพียงไร จึงยังไม่นำปัจจัยนี้มาพิจารณาในตัวแบบที่จะใช้

นอกจากนี้ ยังมีข้อคิดว่า เนื่องจากเชื้อ HIV ที่ระบาดในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็น subtype E ไม่ใช่ subtype B ที่พบในประเทศตะวันตก ความน่าจะเป็นของการติดต่ออาจจะสูงกว่าได้ และอาจเป็นสาเหตุของการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วของเชื้อ HIV ในประเทศ

ไทย แต่จากข้อมูลข้างต้นไม่พบว่าความน่าจะเป็นของการติดต่อและความน่าจะเป็นของการติดต่อจากมารดาสู่บุตรจะสูงกว่าสำหรับเชื้อในกลุ่ม subtype E

5. อัตราตายสำหรับผู้ป่วยโรคเอดส์ (AIDS associated death rate (α))

สำหรับอัตราตายสำหรับผู้ป่วยโรคเอดส์นั้น จะกำหนดได้จากระยะเวลามีชีวิตอยู่ของผู้ป่วยโรคเอดส์ซึ่งสำหรับประเทศไทยนั้น Kitiyaporn et al(1996) พบว่า ค่ามัธยฐานของระยะเวลาการมีชีวิตอยู่หลังจากการวินิจฉัยว่าป่วยด้วยโรคเอดส์จนเสียชีวิตเท่ากับ 7 เดือน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สั้นกว่าในประเทศตะวันตกมาก และน่าจะเป็นเพราะการวินิจฉัยโรคที่ช้าเกินไป ในกรณีของทารกนั้น ไม่ปรากฏข้อมูลอื่น จึงกำหนดระยะเวลาหลังการพบว่าแสดงอาการของโรคเอดส์จนเสียชีวิตเท่ากับผู้ใหญ่ คือ 7 เดือนเช่นกัน ดังนั้น อัตราตายสำหรับผู้ป่วยโรคเอดส์จึงถูกกำหนดเป็น $1/(7/12) = 1.7$

สำหรับค่าพารามิเตอร์เชิงชีววิทยาที่กำหนดในตัวแบบ แสดงไว้ในตาราง 4

5.3 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ด้านพฤติกรรม (Behavioral Parameters)

ตามที่ได้กล่าวแล้วว่าสาเหตุหลักของการแพร่ระบาดของเชื้อ HIV เกิดจากการมีเพศสัมพันธ์ระหว่างเพศ และการติดต่อจากมารดาสู่บุตร พฤติกรรมทางเพศจึงเป็นพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมที่สำคัญ และมีผลกระทบอย่างสูงต่อการแพร่ระบาดของเชื้อ HIV สำหรับปัจจัยที่สำคัญด้านพฤติกรรมทางเพศที่มีผลต่อการระบาดของเชื้อ HIV คือ ระดับหรืออัตราการจับคู่ (degree of mixing) หรือความน่าจะเป็นของการจับคู่ (probability of mixing(ρ_{kijlm})) และอัตราการเปลี่ยนคู่ (rate of sexual partner change(c^*_{klmij})) (Garnett and Anderson(1993,1994)) อัตราการเปลี่ยนคู่ที่สูงขึ้น ร่วมกับอัตราการจับคู่ที่เพิ่มขึ้นระหว่างกลุ่มอายุและระหว่างกลุ่มที่มีอัตราการเปลี่ยนคู่สูงและต่ำจะทำให้การระบาดเป็นไปอย่างรุนแรงยิ่งขึ้น

ในตัวแบบที่พิจารณาในงานวิจัยนี้ ได้แบ่งกลุ่มอายุออกเป็น 7 กลุ่มด้วยกัน คือ กลุ่มอายุ 15-19, 20-24, 25-29, 30-34, 35-39, 40-44 และ 45-49 สำหรับกลุ่มกิจกรรมทางเพศนั้น ได้แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่มกิจกรรมทางเพศ	จำนวนคู่ที่มีในช่วง 1 ปี
1	≥ 10
2	5-9
3	2-4
4	0-1

ในตัวแบบที่พิจารณานี้ ผู้ที่อยู่ในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศหนึ่งจะย้ายไปสู่กลุ่มที่มีจำนวนคู่ลดลงเมื่อมีอายุมากขึ้น ซึ่งเป็นการจำลองภาพของการมีความเสี่ยงสูงกว่าในหมู่ผู้ที่มีอายุน้อยกว่าและการเปลี่ยนแปลงโดยการลดพฤติกรรมเสี่ยงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น

สำหรับค่าพารามิเตอร์ด้านพฤติกรรมทางเพศนี้ ไม่ปรากฏว่ามีข้อมูลโดยตรงจากงานวิจัยของประเทศไทย ในส่วนของประเทศอื่นนั้น เริ่มมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมทางเพศของประชากรเพิ่มมากขึ้นในภูมิภาคต่างๆทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น งานของ Johnson et al (1992) และ Giesecke et al (1992) และประเทศกำลังพัฒนา เช่น งานของHogsborg et al (1992) เป็นต้น สำหรับ sub-Saharan Africa ปรากฏว่ามีข้อมูลที่แสดงว่า อัตราเฉลี่ยต่อปีของการมีคู่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 4 Garnett and Anderson (1993) ได้พิจารณาตัวแบบเมื่อกำหนดอัตราเฉลี่ยของการเปลี่ยนคู่ในช่วง 1-3 คนต่อปี จากการที่ข้อมูลในส่วนนี้ไม่ชัดเจนและมีข้อมูลน้อยมาก ผู้วิจัยได้นำข้อมูลเท่าที่มีจากงานวิจัยต่าง ๆ ของประเทศไทยมาพิจารณา และกำหนดค่าเบื้องต้นของพารามิเตอร์ด้านพฤติกรรมซึ่งในที่นี้ กำหนดพารามิเตอร์เป็นสัดส่วนประชากรชาย-หญิงในแต่ละกลุ่มอายุและกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ อัตราเฉลี่ยการเปลี่ยนคู่ต่อปีจำแนกตามกลุ่มอายุและกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ และความน่าจะเป็นของการจับคู่แบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สัดส่วนประชากรชายและหญิง จำแนกตามกลุ่มอายุและกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ

ประเด็นที่เป็นปัญหาคือการกำหนดสัดส่วนของชายและหญิงที่อยู่ในแต่ละกลุ่มกิจกรรมทางเพศและกลุ่มอายุ ซึ่งในงานวิจัยนี้อ้างอิงข้อมูลจากการวิจัยของ Sittitrai et al(1992) ซึ่งกล่าวถึงจำนวนคู่โดยเฉลี่ยของชายในกลุ่มอายุต่างๆในตัวอย่างที่รวบรวมได้ เช่น สัดส่วนชายที่ไม่เคยแต่งงานหรือที่เคยแต่งงานแล้วจำแนกตามกลุ่มอายุ จำนวนคู่ที่มีของชายที่ไม่เคยแต่งงาน เคยแต่งงาน หรือมีคู่สมรสจำแนกตามกลุ่มอายุ เป็นต้น โดยนิยามแล้ว จำนวนคู่โดยเฉลี่ยของชายต้องเท่ากับของหญิง แต่ในการสำรวจครั้งนี้ เช่นเดียวกับการศึกษาอื่นในลักษณะเดียวกัน ชายมักจะให้ข้อมูลจำนวนคู่สูงกว่าที่เป็นจริง ในขณะที่หญิงมัก

จะรายงานจำนวนน้อยกว่าที่เป็นจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงปรับลดสัดส่วนชายในแต่ละกลุ่มกิจกรรมทางเพศและอายุลง 25% จากค่าสัดส่วนที่ได้จากการสำรวจนี้ นอกจากนั้น สัดส่วนของหญิงที่มีจำนวนคู่สูงมากซึ่งมักเป็นผู้ที่มีอาชีพโสเภณีมักมีค่าต่ำมาก จึงมีโอกาสน้อยที่จะปรากฏในตัวอย่างของครัวเรือนในการสำรวจ การประมาณค่าสัดส่วนหญิงในแต่ละกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศจำแนกตามอายุ จึงกระทำโดยการหาจำนวนหญิงโสเภณีในแต่ละกลุ่มอายุ โดยใช้จำนวนหญิงโสเภณีในกลุ่มอายุ 15-39 ในประเทศไทย จากผลงานวิจัยของ Boonchalaksi and Guest (1994)และ Ard-am and Sethaput (eds) (1994) ซึ่งประมาณไว้เท่ากับ 250,000 คน และใช้สัดส่วนตามอายุของหญิงโสเภณีจำนวน 1012 คนในภาคเหนือและภาคใต้จากการวิจัยของ van Griensven และคณะ ในปี 1991 ซึ่งมีค่าดังนี้

15-19	20-24	25-29	30-39
0.32	0.39	0.19	0.10

ทำการหาสัดส่วนหญิงในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มแรกด้วยการหาจำนวนหญิงโสเภณีจำแนกตามกลุ่มอายุ แล้วหารด้วยจำนวนหญิงในกลุ่มอายุเดียวกันที่ได้จากการแจกแจงประชากรรายเพศและอายุในปี 1991 สำหรับสัดส่วนหญิงในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศอื่นนั้น แม้ความเชื่อตามประเพณีนิยมเดิมหญิงไทยมักไม่มีความสัมพันธ์ทางเพศกับชายอื่นก่อนแต่งงานหรือกับชายอื่นนอกการสมรส (Hantrakul (1983)) แต่ข้อมูลจากการวิจัยในระยะหลังแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในแนวคิดนี้ เช่น จากงานของ Pothisita and Pattaravanich เรื่อง 'Youth in Thailand: Their family relation, education, work and risk behavior' (1995) พบว่า จากการสัมภาษณ์หญิงจำนวน 1255 คน 40 คนในจำนวนนี้มีเพศสัมพันธ์กับชายอื่นที่มิใช่ผู้ที่จะแต่งงานด้วยในอนาคต โอกาสของการเกิดพฤติกรรมเช่นนี้เท่ากับ 0.32 ในกลุ่มอายุ 15-18 ปี 0.29 ในกลุ่มอายุ 19-21 ปี และ 0.36 ในกลุ่มอายุ 22-24 ปี จากผลงานเหล่านี้ จึงกำหนดให้สัดส่วนหญิงที่มีคู่มากกว่า 1 คน สำหรับกลุ่มอายุ 15-24 ปี เท่ากับ 0.03 และเท่ากับ 0.01 สำหรับทุกกลุ่มอายุที่สูงกว่านี้

จากผลงานต่างๆข้างต้น ผู้วิจัยได้กำหนดค่าเบื้องต้นของสัดส่วนชายและหญิงในแต่ละกลุ่มกิจกรรมและกลุ่มอายุดังแสดงในตาราง 5

2. อัตราเฉลี่ยการเปลี่ยนคู่(ต่อปี) (Mean rate of sexual partner change (c^*_{klmij}))

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมทางเพศของประเทศไทยยังมีอยู่ค่อนข้างน้อย สำหรับอัตราการเปลี่ยนคู่ต่อปีนี้ ผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องเท่าที่มีอยู่และทำการกำหนดค่าเบื้องต้นของพารามิเตอร์อัตราเฉลี่ยการเปลี่ยนคู่ต่อปีดังแสดงในตาราง 6 ซึ่งค่าเบื้องต้นที่กำหนดนี้จะทำการตรวจสอบความเหมาะสมโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลด้านอื่นเพื่อดูความเป็นไปได้ต่อไป

3. รูปแบบและความน่าจะเป็นของการจับคู่

ความน่าจะเป็นของการจับคู่ (ρ_{kijlm}) คือความน่าจะเป็นที่บุคคลเพศ k ที่อยู่ในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ l และกลุ่มอายุ i จะจับคู่กับเพศตรงข้ามที่อยู่ในกลุ่มระดับกิจกรรม m และกลุ่มอายุ j การกำหนดความน่าจะเป็นของการจับคู่สำหรับประชากรที่แบ่งออกตามเพศ ระดับกิจกรรมทางเพศ และอายุจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการจับคู่ซึ่งอยู่ระหว่างการจับคู่แบบ fully assortative ซึ่งเป็นการจับคู่ที่บุคคลเพศหนึ่งจะจับคู่กับเพศตรงข้ามในกลุ่มอายุและระดับกิจกรรมทางเพศเดียวกัน จนถึงแบบ fully disassortative ซึ่งเป็นการจับคู่ที่บุคคลเพศหนึ่งจะไม่ทำการจับคู่กับเพศตรงข้ามในกลุ่มอายุและระดับกิจกรรมทางเพศเดียวกันเลย รูปแบบที่อยู่ระหว่างสองขั้วข้างต้นนี้มีได้หลายรูปแบบ รวมทั้งรูปแบบการจับคู่แบบ random หรือ proportionate ซึ่งหมายถึงกรณีที่ความน่าจะเป็นของการจับคู่เท่ากับสัดส่วนของจำนวนคนในกลุ่มเทียบกับจำนวนคู่ที่เป็นไปได้ในแต่ละกลุ่ม Anderson et al (1992, 1996) ได้เสนอการกำหนดเมตริกซความน่าจะเป็นของการจับคู่สำหรับรูปแบบการจับคู่ในช่วงระหว่าง fully assortative กับ random ว่าสามารถทำได้โดยพิจารณาดังนี้

ในกรณี fully assortative เมตริกซความน่าจะเป็นของการจับคู่คือ

$$\rho_{kijlm} = \delta_{lm}\delta_{ij}$$

เมื่อ δ_{ij} = 1 ถ้า i=j

0 ถ้าไม่ใช่

ในกรณีที่การจับคู่เป็นแบบเป็นสัดส่วนกับจำนวนคู่ที่สามารถมีได้ในกลุ่ม (random)

$$\rho^{*}_{klmij} = \frac{N_{k'mj} C_{k'mj}}{\sum_{u}^{n_1} \sum_{v}^{n_2} N_{k'vu} C_{k'vu}}$$

การจับคู่ที่อยู่ระหว่างการจับคู่แบบ fully assortative กับแบบเป็นสัดส่วนกับจำนวนคู่ที่สามารถมีได้ในกลุ่มอาจกำหนดด้วยค่าพารามิเตอร์ ε ซึ่งจะกำหนดระดับการจับคู่แบบภายในกลุ่มเดียวกันเทียบกับรูปแบบการจับคู่แบบ random รูปแบบการจับคู่จึงถูกกำหนดโดย

$$\rho_{klmij} = \varepsilon\rho^{*}_{klmij} + (1-\varepsilon)\delta_{lm}\delta_{ij}$$

กล่าวคือ ในกรณีการจับคู่แบบ fully assortative หรือภายในกลุ่มเดียวกันเท่านั้น ε=0 ส่วนในกรณีที่เป็นแบบ random หรือ proportionate ε = 1 อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่กล่าวถึงนี้หมายถึงกลุ่มอายุและกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ จึงมีการกำหนดค่า ε ให้ชัดเจนขึ้นโดยให้

ε_1 เป็นระดับของการจับคู่แบบ assortative ระหว่างกลุ่มอายุ

ε_2 เป็นระดับของการจับคู่แบบ assortative ระหว่างกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ

ε_3 เป็นระดับของความแตกต่างระหว่างอายุของคู่

ซึ่งในการเริ่มต้นการคำนวณตามตัวแบบ จะต้องกำหนดค่า ε_1 ε_2 ε_3 เสียก่อน สำหรับค่าเบื้องต้นจะกำหนดดังนี้

	ε_1	ε_2	ε_3
male-female	0.75	0.75	0.50
female-male	0.75	0.75	0.50

และแสดงในแผนภาพ 1

6 การตรวจสอบความเหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด

จากการที่ตัวแบบที่พิจารณาเป็นตัวแบบที่มีความซับซ้อนมากและมีพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดค่าจำนวนมาก โดยพารามิเตอร์บางตัวสามารถกำหนดค่าได้ด้วยความมั่นใจพอควรจากข้อมูลที่มีอยู่ แต่อีกบางตัวยังไม่สามารถกำหนดค่าได้ด้วยความมั่นใจ เนื่องจากข้อมูลที่มีขาดความสมบูรณ์มาก จึงต้องมีการตรวจสอบความเหมาะสมของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ การตรวจสอบนี้ ตามปกติจะกระทำด้วยการพิจารณาผลที่ได้จากตัวแบบเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ทีละชุดเปรียบเทียบกับข้อมูลบางส่วนที่อาจมีอยู่ เพื่อดูว่าชุดใดให้ผลใกล้เคียงหรือสอดคล้องพอสมควรกับข้อมูลที่มีอยู่นั้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพารามิเตอร์ในตัวแบบมีเป็นจำนวนมาก การพิจารณาเช่นนี้จะต้องทำการจำลองแบบจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ไม่สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์อย่างชัดเจนหลายตัว หรือช่วงของค่าที่เป็นไปได้ของพารามิเตอร์บางตัวเป็นช่วงกว้าง จะทำให้กระบวนการตรวจสอบใช้เวลาและมีปริมาณงานมาก จากการพิจารณาตัวแบบ จะเห็นว่า รูปแบบของสมการที่กำหนดอัตราการติดต่อของโรคต่อคู่เป็นสมการที่ไม่ใช่เชิงเส้น ซึ่งย่อมจะมีผลกระทบอย่างมากต่อรูปแบบและขอบข่ายของการระบาดของโรค อัตราการติดต่อของโรคต่อคู่นี้ ยังขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ด้านพฤติกรรม ซึ่งได้แก่สัดส่วนประชากรตามเพศ ตามกลุ่มอายุและกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ อัตราเฉลี่ยของการเปลี่ยนคู่ กับรูปแบบและความน่าจะเป็นของการจับคู่ ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งสามนี้ เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่สามารถกำหนดค่าได้อย่างมั่นใจ ดังนั้น การตรวจสอบความเหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดจึงมุ่งเน้นพิจารณาค่าของพารามิเตอร์สามตัวนี้ โดยการทำการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ที่มีต่อตัวแบบ (Sensitivity analysis)

สำหรับตัวแปรที่จะนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดนั้น จากการพิจารณาข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมไว้ที่สามารถแสดงถึงผลของการติดเชื้อ HIV ในเวลาที่ผ่านไป พบว่ามีการเก็บข้อมูลรายปีต่อเนื่องกันอยู่ 2 เรื่อง คือ

1. **อัตราความชุกของการติดเชื้อHIV (HIV prevalence rate)ของทหารเกณฑ์** ระหว่างปี 1989-1995 (พ.ศ. 2532-2538) ซึ่งได้จากสำนักงานปฏิบัติการตรวจเอดส์ กองธนาคารเลือด สถาบันพยาธิวิทยา ศูนย์อำนวยการแพทย์พระมงกุฎเกล้า ซึ่งทำการเก็บข้อมูลปีละสองครั้ง คือในเดือนพฤษภาคมและพฤศจิกายน ข้อมูลรายปีที่นำมาใช้จะได้จากการหาสัดส่วนความชุกเมื่อรวมข้อมูลทั้งสองครั้งเข้าด้วยกันแล้ว

2. **อัตราความชุกของการติดเชื้อHIVของหญิงที่ฝากครรภ์ที่สถานผดุงครรภ์ของรัฐ** ระหว่างปี1989-1995 (พ.ศ. 2532 -2538) จากการสำรวจ Seroprevalence Survey ของกอง

ระบาดวิทยา สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปีละสองครั้งเช่นกัน การคำนวณอัตราความชุกในแต่ละปีใช้วิธีเดียวกัน คือหาความชุกเมื่อรวมข้อมูลที่เก็บได้ทั้งสองเข้าด้วยกัน

ข้อมูลอัตราความชุกของการติดเชื้อ HIV ของทหารเกณฑ์ ซึ่งจะเรียกว่า Military และของหญิงที่ฝากครรภ์ในสถานผดุงครรภ์ของรัฐ ซึ่งจะเรียกว่า ANC ในตารางและแผนภาพที่จะพิจารณาต่อไป เป็นดังนี้

ปี	อัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์(%) (Military)	อัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์(%) (ANC)
2532	0.5	0.33236
2533	1.8	0.47543
2534	2.9	1.03901
2535	3.5	1.36964
2536	3.4	1.83220
2537	2.9	2.04054
2538	2.4	2.56648

ผลที่ได้จากตัวแบบที่จะนำมาเปรียบเทียบกับอัตราความชุกของการติดเชื้อHIVของทหารเกณฑ์และอัตราความชุกของการติดเชื้อHIVของหญิงที่ฝากครรภ์ที่สถานผดุงครรภ์ของรัฐคือ อัตราความชุกการติดเชื้อ HIV ของชายในกลุ่มอายุ 20-21 ปี และอัตราความชุกการติดเชื้อ HIV ในกลุ่มหญิงอายุ 15-49 ปี ตามลำดับ จะเห็นว่าตัวแปรที่นำมาเทียบกันนี้ไม่ใช่ตัวแปรเดียวกันหรือที่สามารถนำมาเทียบกันได้โดยตรง แต่เป็นตัวแปรที่เทียบเคียงได้ใกล้ที่สุดเท่าที่จะสามารถหาได้จากผลของการคำนวณจากตัวแบบนี้ ดังนั้นการพิจารณาจึงต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้รวมทั้งความเอนเอียงต่างๆ ที่เกิดขึ้นอันเป็นผลของการนิยามตัวแปรที่นำมาเปรียบเทียบกันด้วย กล่าวคือ อัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์น่าจะสูงกว่าอัตราความชุกการติดเชื้อของชายในกลุ่มอายุ 20-21ปี เนื่องจากในกลุ่มทหารเกณฑ์ไม่มีผู้ที่เป็นนักเรียนหรือนักศึกษาอยู่ และกลุ่มหลังน่าจะเป็นกลุ่มที่มีอัตราเสี่ยงต่ำกว่า สำหรับอัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มหญิงอายุ 15-49 ปีก็รวมหญิงที่ไม่มีความเสี่ยงจากการมีเพศสัมพันธ์ด้วย นอกจากนี้ ยังอาจมีผลที่เกิดจากการรับรู้ปัญหาเกี่ยวกับเชื้อ HIV และโรคเอดส์ที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ทำให้การพิจารณาผลของ sensitivity analysis ต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง

สำหรับการทำ sentivity analysis นั้น เป็นการพิจารณาว่าค่าพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่พึงได้จากตัวแบบอย่างไรบ้าง กล่าวคือก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันมากหรือไม่เมื่อปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว ความแตกต่างนี้อาจเป็นความแตกต่างในค่าของตัวแปรที่ใช้วัดในลักษณะที่ยังคงรูปแบบเดิมไว้ หรืออาจเปลี่ยนรูปแบบของค่าตัวแปรที่ใช้วัดด้วยก็ได้ หากพารามิเตอร์ตัวใดก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในผลลัพธ์น้อยมากเมื่อเปลี่ยนค่าไปในช่วงที่มีความเป็นไปได้แล้ว ปัญหาการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ตัวนั้นก็ย่อมคลายความยุ่งยากลง แต่ถ้าผลลัพธ์จากตัวแบบที่เกิดจากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์มีความแตกต่างมาก ก็ย่อมแสดงว่าตัวแบบมีความไวต่อค่าพารามิเตอร์ตัวนั้นมาก และการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ตัวนั้นจะต้องทำด้วยความระมัดระวังมากยิ่งขึ้น

ก่อนที่จะพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ จะทำการคำนวณผลที่ได้จากตัวแบบสำหรับค่าพารามิเตอร์ชุดที่กำหนดค่าไว้เดิม ซึ่งจะเรียกว่าชุดเบื้องต้นหรือชุด standard ในการแสดงผลด้วยแผนภาพหรือตารางต่อไป การคำนวณผลจะทำโดยการประมาณค่าของชุดสมการอนุพันธ์ที่กำหนดตัวแบบ ณ คาบเวลาที่ไม่ต่อเนื่องทีละขั้นโดยกำหนดช่วงเวลาแต่ละขั้นเท่ากับ 1/12 ปี และทำการคำนวณสำหรับช่วงเวลาประมาณ 30 ปี คือตั้งแต่ปี 1985-2014 (พ.ศ. 2528 - 2557) ได้ผลลัพธ์คืออัตราความชุกของการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี และอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี เทียบกับอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์ (Military) และอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ที่สถานผดุงครรภ์ของรัฐ (ANC) ดังแสดงในตาราง 7 และแผนภาพ 2 จะเห็นว่ามีความแตกต่างกันสูงมาก ซึ่งถึงแม้จะพิจารณาความแตกต่างในเชิงนิยามแล้ว ก็ยังมีความแตกต่างอย่างมาก จึงต้องทำการปรับค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ต่อไป

ในการทำ sensitivity analysis จะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าของพารามิเตอร์สัดส่วนประชากรชาย-หญิงในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 อัตราการเปลี่ยนคู่ของชาย-หญิงในบางกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ รูปแบบการจับคู่ และความน่าจะเป็นของการติดต่อ โดยแยกรายละเอียดของพารามิเตอร์ออกเป็น 9 พารามิเตอร์ และทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวที่มีต่ออัตราความชุกของการติดเชื้อในกลุ่มชายอายุ 20-21 ปี และหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี เพื่อทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลอัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มทหารเกณฑ์(Military)และกลุ่มหญิงที่ฝากครรภ์ที่สถานผดุงครรภ์ของรัฐ (ANC) ปรากฏผลดังต่อไปนี้

1) สัดส่วนประชากร*ชาย*ในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 (male proportion in sexual activity class 1) (จำนวนคู่ตั้งแต่ 10 คนขึ้นไป) โดยกำหนดขีดการเปลี่ยนแปลงสูงสุดเป็น ± 40% ของค่าเบื้องต้น (standard) และให้ High เป็นการปรับเพิ่มขึ้น 40% จากค่าเบื้องต้น

และ Low เป็นการปรับลดลง 40% จากค่าเบื้องต้น เปรียบเทียบกับผลเมื่อกำหนดค่าไว้เดิมเป็นค่า standard และแสดงการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากข้อมูล Military และ ANC ไว้ในแผนภาพ 3 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนประชากรชายในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 แสดงความแตกต่างในอัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มชายอายุ 20-21 ปีในช่วงปีค.ศ. 1986-1992 มากกว่าที่แสดงในช่วง 3 ปีท้าย โดยสัดส่วนที่สูงขึ้นจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อเพิ่มสูงขึ้น และสัดส่วนที่ลดลงทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อต่ำลง สำหรับกรณีของอัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มหญิงอายุ 15-49 ปี การเปลี่ยนค่าสัดส่วนแสดงผลในลักษณะทำนองเดียวกัน ส่วนรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี เมื่อเทียบกับลักษณะของข้อมูล Military แล้ว ยังขาดความคล้ายคลึง ยกเว้นจะไม่คำนึงถึงขนาดของอัตราและการระบาดที่เริ่มต้นเร็วกว่าอัตราที่แสดงด้วยข้อมูล Military ประมาณ 3 ปี สำหรับอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ15-49 ปีเมื่อเทียบกับรูปแบบของ ANC มีความแตกต่างกันอย่างมากจากการที่ผลลัพธ์จากตัวแบบซึ่งเป็นอัตราความชุกการติดเชื้อในหญิงอายุ 15-49 ปีเพิ่มสูงขึ้นอย่างแรงและเร็วกว่าอัตราจากข้อมูล ANC ในช่วง 3-4 ปีแรก แต่หลังจากนั้นจะมีอัตราเพิ่มน้อยมาก ในขณะที่อัตราจากข้อมูล ANC มีความลาดชันสูงโดยตลอด

2) สัดส่วนประชากรหญิงในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 (female proportion in sexual activity class 1) (จำนวนคู่มากกว่า 10 คน) เฉพาะ 3 กลุ่มอายุแรก คือกลุ่มอายุ 15-19, 20-24 และ 25-29 โดยกำหนดขีดการเปลี่ยนแปลงสูงสุดเป็น ± 40% ของค่าเบื้องต้น (standard) และ ให้ High เป็นการปรับเพิ่มขึ้น 40% จากค่าเบื้องต้น และ Low เป็นการปรับลดลง 40% จากค่าเบื้องต้น เปรียบเทียบกับผลเมื่อกำหนดค่าไว้เดิมเป็นค่า standard และแสดงการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากข้อมูล Military และ ANC ไว้ในแผนภาพ 4 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าทำให้เกิดความแตกต่างจากค่าในกรณี standard มากขึ้นๆ เมื่อเวลาผ่านไปสำหรับทั้งสองกรณีโดยเมื่อกำหนดค่าสูงขึ้น จะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อเพิ่มขึ้น ในขณะที่หากลดสัดส่วนประชากรหญิงในกลุ่มระดับกิจกรรมกลุ่มที่ 1 ลงจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อลดลงด้วย สำหรับรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี ตามเวลาจะมีรูปแบบที่พอเทียบเคียงกับรูปแบบของอัตราที่ได้จากข้อมูล Military หากไม่คำนึงถึงระดับหรือขนาดที่แตกต่างกันและการเริ่มระบาดที่เร็วกว่าประมาณ 3 ปี แต่รูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีเมื่อเทียบกับรูปแบบที่ได้จากข้อมูล ANC แล้ว จะแตกต่างกันมากในลักษณะเช่นเดียวกับผลของการปรับเปลี่ยนค่าสัดส่วนประชากร*ชาย*ในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1

3) อัตราการเปลี่ยนคู่ของ*ชาย* (male rate of partner change) เฉพาะกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 โดยกำหนดขีดการเปลี่ยนแปลงสูงสุดเป็น ± 50% ของค่าเบื้องต้น (standard) และให้ High เป็นการปรับเพิ่มขึ้น 50% จากค่าเบื้องต้น และ Low เป็นการปรับลดลง

50% จากค่าเบื้องต้น เปรียบเทียบกับผลเมื่อกำหนดค่าstandardไว้เดิม และแสดงการเปรียบเทียบกับค่าจากข้อมูล Military และ ANC ไว้ในแผนภาพ 5 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราความชุกการเปลี่ยนคู่ของชายในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 แสดงความแตกต่างในอัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มชายอายุ 20-21 ปีในช่วงปีแรกๆ ในลักษณะที่ตรงข้ามกับในช่วงปีท้ายๆ กล่าวคือเมื่อปรับอัตราการเปลี่ยนคู่ให้สูงขึ้น อัตราความชุกการติดเชื้อของ High จะสูงกว่า standard ในช่วงแรก แต่จะต่ำกว่า standard ในช่วงท้าย และกลับกันสำหรับกรณีที่ปรับค่าลดลง ทั้งนี้ความแตกต่างในช่วงต้นจะสูงกว่าในช่วงหลัง สำหรับอัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มหญิงอายุ 15-49 ปี การปรับค่าสูงหรือต่ำให้ผลเทียบกับค่า standard ในทำนองเดียวกันตลอดช่วงแม้ว่าในช่วงแรกจะแสดงความแตกต่างมากกว่าในช่วงหลังก็ตาม กล่าวคือค่าอัตราการเปลี่ยนคู่ของชายที่สูงขึ้นจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อสูงขึ้น ส่วนรูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี จะมีกรณีที่มีลักษณะที่พอจะคล้ายคลึงกับรูปแบบของอัตราที่ได้จากข้อมูล Military หากไม่คำนึงถึงระดับของอัตราความชุกการติดเชื้อและการระบาดที่เร็วกว่า ในขณะที่รูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีเมื่อเทียบกับข้อมูล ANC แล้ว ยังมีรูปแบบที่แตกต่างกันมาก

4) อัตราการเปลี่ยนคู่ของหญิง (female rate of partner change) เฉพาะกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 และกลุ่มอายุ 5 กลุ่มแรกคือกลุ่มอายุ 15-19, 20-24, 25-29, 30-34 และ 35-39 โดยกำหนดขีดการเปลี่ยนแปลงสูงสุดเป็น ± 50% ของค่าเบื้องต้น (standard) และให้ High เป็นการปรับเพิ่มขึ้น 50% จากค่าเบื้องต้น และ Low เป็นการปรับลดลง 50% จากค่าเบื้องต้น เปรียบเทียบกับผลเมื่อกำหนดค่าstandardไว้เดิม รวมทั้งการเปรียบเทียบกับค่าจากข้อมูล Military และ ANC ไว้ในแผนภาพ 6 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการเปลี่ยนคู่ของหญิงในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 และกลุ่มอายุ 5 กลุ่มแรกด้วยการปรับค่าให้สูงขึ้นจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มชายอายุ 20-21 ปีเพิ่มขึ้น แต่การปรับค่าลดลงจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อลดลงด้วย และแสดงความแตกต่างในอัตราความชุกการติดเชื้อในช่วงปีแรกๆ มากกว่าในช่วงปีท้ายๆ เล็กน้อย สำหรับอัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มหญิงอายุ 15-49 ปี การปรับค่าสูงหรือต่ำให้ผลเทียบกับค่า standard ในลักษณะที่ทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อสูงขึ้นหรือต่ำลงตามไปด้วยและในช่วงแรกจะแสดงความแตกต่างมากกว่าในช่วงหลังอย่างมากโดยในช่วงหลังการปรับค่าพารามิเตอร์แทบจะไม่แสดงความแตกต่างในอัตราความชุกผลลัพธ์เลย ส่วนรูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี จะมีกรณีที่มีลักษณะที่พอจะเทียบเคียงกับรูปแบบที่ได้จากข้อมูล Military บ้างหากไม่พิจารณาความต่างกันที่ระดับของอัตราความชุกการติดเชื้อการเริ่มการระบาดที่เกิดขึ้นก่อนที่จะแสดงด้วยข้อมูล Military ในขณะที่รูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีเมื่อเทียบกับข้อมูล ANC แล้ว ยังมีรูปแบบที่แตกต่างกันมาก โดยเฉพาะในช่วงท้าย

5) ค่า ε_1 ของทั้งชายและหญิง โดยทำการเพิ่มค่าจากเดิมซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 0.75 ด้วยการพิจารณาค่า ε_1 = 1.00, 0.50, 0.25, 0.01 และเปรียบเทียบผลที่มีต่ออัตราความชุกการติดเชื้อของชายในกลุ่มอายุ 20-21 ปี และของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี กับกรณี standard ที่กำหนดไว้เดิม รวมทั้งการเปรียบเทียบกับค่าจากข้อมูล Military และ ANC ไว้ในแผนภาพ 7 จะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงค่าของ ε_1 จะส่งผลให้เกิดความแตกต่างในอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี และ อัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี ในช่วงปีหลังมากกว่าในช่วงต้น และแสดงความแตกต่างมากขึ้นตามเวลา โดยค่า ε_1 ที่สูงขึ้นจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อลดลง แต่การลดค่า ε_1 จะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อเพิ่มสูงขึ้น สำหรับรูปแบบเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับลักษณะของค่าที่ได้จากข้อมูล Military และข้อมูล ANC แล้ว จะเห็นว่ารูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี จะมีบางกรณีที่มีลักษณะพอจะคล้ายคลึงกับรูปแบบของอัตราที่ได้จากข้อมูล Military หากไม่พิจารณาขนาดหรือระดับของอัตราความชุกการติดเชื้อที่ต่างกันและการเริ่มต้นการระบาดในช่วงเวลาที่เร็วกว่า ในขณะที่รูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีเมื่อเทียบกับอัตราที่ได้จากข้อมูล ANC แล้ว มีรูปแบบที่แตกต่างกันมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหลังซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางตรงกันข้าม

6) ค่า ε_2 ของทั้งชายและหญิง โดยทำการพิจารณาค่าε_2 = 1.00, 0.45, 0.25, 0.01เพิ่มจากเดิมซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 0.75 และเปรียบเทียบผลที่มีต่ออัตราความชุกการติดเชื้อของชายในกลุ่มอายุ 20-21 ปี และของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี กับกรณี standard ที่กำหนดไว้เดิม รวมทั้งแสดงการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากข้อมูล Military และ ANC ไว้ในแผนภาพ 8 จะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงค่าของ ε_2 จะส่งผลให้เกิดความแตกต่างในอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี และ อัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี ในช่วงปีหลังมากกว่าในช่วงต้นและแสดงความแตกต่างมากขึ้นตามเวลารวมทั้งมีขนาดความแตกต่างสูงที่เห็นได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ ยังมีลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นกับทั้งสองกรณีคือ การเปลี่ยนแปลงค่า ε_2 แสดงความแตกต่างในอัตราการติดเชื้อในกลุ่มชายอายุ 20-21 ปีและอัตราการติดเชื้อของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี ในช่วงปีแรกๆ ในลักษณะที่ตรงข้ามกับในช่วงปีต่อๆมา กล่าวคือเมื่อปรับค่า ε_2 สูงขึ้นกว่า standard อัตราการติดเชื้อจะต่ำกว่ากรณี standard ในช่วงแรก แต่จะสูงกว่า standard ในช่วงท้าย และกลับกันสำหรับกรณีที่ปรับค่า ε_2 ลง โดยจุดเปลี่ยนจะอยู่ในช่วงประมาณปีค.ศ. 1987-1989 สำหรับรูปแบบเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปแบบของค่าที่ได้จากข้อมูล Military และข้อมูล ANC แล้ว จะเห็นว่ารูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี จะมีบางกรณีที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับรูปแบบที่ได้จากอัตราของข้อมูล Military หากไม่คำนึงถึงระดับของอัตราความชุกการติดเชื้อและระยะเวลาเริ่มต้นของการระบาดที่แตกต่างกัน ในขณะที่รูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีเมื่อเทียบกับอัตราที่ได้ข้อมูล ANC แล้ว มีรูปแบบที่แตกต่างกันมากโดยเฉพาะในช่วงหลังซึ่งเป็นไปในทิศทางที่แย้งกัน

7) ค่า ε_3 ของทั้งชายและหญิง โดยทำการพิจารณาค่า ε_3 = 1.00, 0.75, 0.25, 0.01 เพิ่มจากกรณี standard เดิมซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 0.50 และเปรียบเทียบผลที่มีต่ออัตราความชุกการติดเชื้อของชายในกลุ่มอายุ 20-21 ปี และของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี กับกรณี standard รวมทั้งการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากข้อมูล Military และ ANC โดยแสดงไว้ในแผนภาพ 9 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าของ ε_3 จะมีผลต่ออัตราความชุกการติดเชื้อคือ ค่า ε_3 ที่กำหนดสูงขึ้นจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อลดลง ในขณะที่ค่า ε_3 ที่ต่ำลงจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อเพิ่มขึ้น และส่งผลให้เกิดความแตกต่างในอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี และ อัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี ในช่วงปีหลังมากกว่าในช่วงต้น และแสดงความแตกต่างมากขึ้นตามเวลา สำหรับรูปแบบเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับลักษณะของค่าที่ได้จากข้อมูล Military และข้อมูล ANC แล้ว จะเห็นว่ารูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับอัตราจากข้อมูล Military ถ้าไม่คำนึงถึงระดับของอัตราความชุกการติดเชื้อและการเริ่มต้นการระบาดที่แตกต่างกัน ในขณะที่รูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีเมื่อเทียบกับอัตราที่ได้ข้อมูล ANC แล้ว มีรูปแบบที่แตกต่างกันมากโดยเฉพาะความขัดแย้งของรูปแบบในช่วงหลัง

8) ค่าความน่าจะเป็นของการติดต่อจากชายสู่หญิง (probability of transmission male-female) จากเดิมกำหนดค่า standard เท่ากับ 0.2 ปรับเป็นอยู่ในช่วง 0.15 - 0.25 โดยค่าสูงสุดคือ High เท่ากับ 0.25 และค่าต่ำสุดคือ Low เท่ากับ 0.15 แล้วทำการเปรียบเทียบกับผลเมื่อกำหนดค่าstandardไว้เดิม รวมทั้งแสดงการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากข้อมูล Military และ ANC ไว้ในแผนภาพ 10 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นของการติดต่อจากชายสู่หญิงด้วยการปรับค่าให้สูงขึ้นจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มชายอายุ 20-21 ปีเพิ่มขึ้น แต่การปรับค่าลดลงจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อลดลงด้วย และแสดงความแตกต่างในอัตราความชุกการติดเชื้อในช่วงปีแรกๆ มากกว่าในช่วงปีท้ายๆ โดยในช่วงท้ายความแตกต่างในอัตราความชุกการติดเชื้อสำหรับระดับความน่าจะเป็นของการติดต่อจากชายสู่หญิงในช่วง 0.15-0.25 แทบจะไม่ปรากฏสำหรับอัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มหญิงอายุ 15-49 ปี การปรับค่าสูงหรือต่ำให้ผลเทียบกับค่า standard ในลักษณะที่ทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อสูงขึ้นหรือต่ำลงตามไปด้วย ส่วนรูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี จะมีกรณีที่มีลักษณะที่พอจะเทียบเคียงกับรูปแบบที่ได้จากข้อมูล Military บ้างหากไม่พิจารณาความต่างกันที่ระดับของอัตราความชุกการติดเชื้อและการเริ่มต้นของการระบาดที่เกิดขึ้นก่อนปีที่แสดงด้วยข้อมูล Military ในขณะที่รูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีเมื่อเทียบกับข้อมูล ANC แล้ว ยังมีรูปแบบที่แตกต่างกันมาก โดยเฉพาะในช่วงท้าย

9) ค่าความน่าจะเป็นของการติดต่อจาก*หญิงสู่ชาย* (probability of transmission female-male) จากเดิมกำหนดค่า standard เท่ากับ 0.1 ปรับเป็นอยู่ในช่วง 0.05 - 0.15 โดยค่าสูงสุดคือ High เท่ากับ 0.15 และค่าต่ำสุดคือ Low เท่ากับ 0.05 แล้วทำการเปรียบเทียบกับผลเมื่อกำหนดค่าstandardไว้เดิม รวมทั้งแสดงการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากข้อมูล Military และ ANC ไว้ใน แผนภาพ 11 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นของการติดต่อจากหญิงสู่ชายด้วยการปรับค่าให้สูงขึ้นจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มชายอายุ 20-21 ปีเพิ่มขึ้น แต่การปรับค่าลดลงจะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อลดลงด้วย และแสดงความแตกต่างในอัตราความชุกการติดเชื้อที่เห็นได้อย่างชัดเจนมาก สำหรับอัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มหญิงอายุ 15-49 ปี การปรับค่าสูงหรือต่ำให้ผลเทียบกับค่า standard ในลักษณะที่ทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อสูงขึ้นหรือต่ำลงตามไปด้วย ส่วนรูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี มีลักษณะที่พอจะเทียบเคียงกับรูปแบบที่ได้จากข้อมูล Military บ้างหากไม่พิจารณาความต่างกันที่ระดับของอัตราความชุกการติดเชื้อและการเริ่มต้นของการระบาดที่เกิดขึ้นก่อนที่จะแสดงด้วยข้อมูล Military ในขณะที่รูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีเมื่อเทียบกับข้อมูล ANC แล้วยังมีรูปแบบที่แตกต่างกันมาก โดยเฉพาะในช่วงท้ายที่เป็นการแย้งกันอย่างชัดเจน

จากการทำ sensitivity analysis ข้างต้น จะเห็นผลของการเพิ่มและลดค่าพารามิเตอร์ทีละตัวที่มีต่ออัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี และต่อหญิงที่ฝากครรภ์ที่สถานผดุงครรภ์ของรัฐ ซึ่งอาจสรุปได้ว่า การปรับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัว ได้แก่ สัดส่วนประชากรชาย-หญิงในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 ซึ่งมีจำนวนคู่ต่อปีสูงมากๆ อัตราการเปลี่ยนคู่ของชาย-หญิง และความน่าจะเป็นของการติดต่อจากชาย-หญิง และหญิง-ชาย มีผลในลักษณะที่เมื่อปรับค่าเป็นค่าที่สูงขึ้น จะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อในบุคคลทั้งสองกลุ่มเพิ่มตาม ในขณะที่การปรับค่าให้ลดต่ำลง จะทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อลดลงตามไปด้วย ยกเว้นสำหรับกรณีของการปรับอัตราการเปลี่ยนคู่ของชายในช่วงปีหลังๆ เท่านั้น อย่างไรก็ตาม การพิจารณาดังกล่าวเป็นการพิจารณาผลการปรับค่าพารามิเตอร์ทีละตัว ซึ่งหากทำการปรับพร้อมๆ กันหลายตัว ผลที่เกิดขึ้นอาจเปลี่ยนแปลงไปได้บ้าง แต่การพิจารณาข้างต้นย่อมจะช่วยให้เข้าใจอิทธิพลของพารามิเตอร์แต่ละตัวในตัวแบบ และช่วยทำให้การกำหนดค่าของพารามิเตอร์ในตัวแบบเกิดขึ้นได้ในลักษณะที่เหมาะสมต่อไป จากผลดังกล่าว ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการปรับลดค่าความน่าจะเป็นของการติดต่อ และลดอัตราการเปลี่ยนคู่ โดยเริ่มในช่วงเวลาหลังจากปีค.ศ. 1985 ไประยะหนึ่ง จึงพิจารณากรณีต่อไปนี้

10) ลดอัตราการเปลี่ยนคู่ของชายและหญิงในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 ลง 1%, 20%, 50% และ 100% ในปีที่ 7 - 20 โดยแสดงผลที่มีต่ออัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี กับหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี เปรียบเทียบกับอัตราความชุกการติดเชื้อที่ได้จาก

ข้อมูลทหารเกณฑ์ (Military) และข้อมูลอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ในสถานผดุงครรภ์ของรัฐ (ANC) ในแผนภาพ 12 จะเห็นว่า การลดอัตราการเปลี่ยนคู่ของชายและหญิงในปีที่ 7-20 มีผลให้อัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มบุคคลทั้งสองกลุ่มลดลง โดยสำหรับกรณีของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี การลดอัตราการเปลี่ยนคู่จะกดปลายเส้นโค้งลงทำให้มีลักษณะสอดคล้องกับอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์มากขึ้นโดยเฉพาะเมื่อสัดส่วนการปรับลดเท่ากับ 0.50 อย่างไรก็ตาม สำหรับอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปีนั้น รูปแบบของเส้นโค้งที่ได้ไม่มีความสอดคล้องกับรูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ในสถานผดุงครรภ์ของรัฐเลยเช่นเดิม

11) ลดความน่าจะเป็นของการติดต่อระหว่างชายและหญิงลง 1%, 20%, 50% และ 100% ในปีที่ 7 - 20 โดยแสดงผลที่มีต่ออัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี กับหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี เปรียบเทียบกับอัตราความชุกการติดเชื้อที่ได้จากข้อมูลทหารเกณฑ์ (Military) และข้อมูลอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ในสถานผดุงครรภ์ของรัฐ (ANC) ในแผนภาพ 13 จะเห็นว่า การลดความน่าจะเป็นของการติดต่อของโรคในปีที่ 7-20 มีผลให้อัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มบุคคลทั้งสองกลุ่มลดลง โดยสำหรับกรณีของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี การลดความน่าจะเป็นของการติดต่อจะกดปลายเส้นโค้งลงทำให้มีลักษณะสอดคล้องกับรูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์มากขึ้นโดยเฉพาะเมื่อสัดส่วนการปรับลดเป็น 0.50 อย่างไรก็ตาม สำหรับอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปีนั้น รูปแบบของเส้นโค้งที่ได้ไม่มีความสอดคล้องกับรูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ในสถานผดุงครรภ์ของรัฐเลยเช่นเดิม

เมื่อพบว่า การลดอัตราการเปลี่ยนคู่และความน่าจะเป็นของการติดต่อในช่วงปีที่ 7-20 ทำให้รูปแบบของเส้นโค้งแสดงอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปีมีลักษณะใกล้เคียงขึ้นกับรูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์ โดยเฉพาะเมื่อสัดส่วนการปรับลดเป็น 0.50 จึงทำการศึกษาต่อไปว่า หากกำหนดสัดส่วนการปรับลดเป็น 0.50 และปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการปรับลดให้แตกต่างกันไป จะมีผลเช่นไรต่อรูปแบบของเส้นโค้งแสดงอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี โดยพิจารณาช่วงเวลาที่ปรับลดเป็น 4 ช่วงคือ

1. ลดในช่วงปีที่ 7 - 10
2. ลดในช่วงปีที่ 7 - 15
3. ลดในช่วงปีที่ 7 - 20
4. ลดในช่วงปีที่ 7 - 30

และทำ sensitivity analysis เพิ่มเติมอีก 2 กรณีดังนี้

12) ลดอัตราการเปลี่ยนคู่ลง 50% ในช่วงปีที่ 7-10, 7-15, 7-20 และ 7-30 และพิจารณาอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี กับอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีใน 4 กรณีนี้ กับอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์ (Military) และอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ในสถานผดุงครรภ์ของรัฐ (ANC) ตามที่แสดงในแผนภาพ 14 พบว่าการลดอัตราการเปลี่ยนคู่ลง 50% ในช่วงปีที่ 7-20 จะให้รูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี ที่ใกล้เคียงกับรูปแบบที่ได้จากข้อมูล Military มากกว่ากรณีอื่น แม้จะยังมีความแตกต่างในขนาดของอัตราก็ตาม แต่สำหรับอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีนั้นยังไม่สามารถหารูปแบบที่ใกล้เคียงได้

13) ลดความน่าจะเป็นของการติดต่อลง 50% ในช่วงปีที่ 7-10, 7-15, 7-20 และ 7-30 และพิจารณาอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี กับอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีใน 4 กรณีนี้ กับอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์ (Military) และอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ในสถานผดุงครรภ์ของรัฐ (ANC) ตามที่แสดงในแผนภาพ 15 พบว่าการลดความน่าจะเป็นของการติดต่อของโรคลง 50% ในช่วงปีที่ 7-20 จะให้รูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี ที่ใกล้เคียงกับรูปแบบที่ได้จากข้อมูล Military มากกว่ากรณีอื่น แม้จะยังมีความแตกต่างในขนาดของอัตราก็ตาม แต่สำหรับอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงอายุ 15-49 ปีนั้น ยังไม่สามารถหารูปแบบที่ใกล้เคียงได้

ผลจากการทำ sensitivity analysis ข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสามารถเลือกกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในตัวแบบที่ไม่มีข้อมูลที่ดีหรือสมบูรณ์มากำหนดค่า โดยการนำข้อสรุปเกี่ยวกับผลการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทีละตัวมาทำการปรับค่าพารามิเตอร์ไปตามทิศทางที่พึงเป็นและทำการจำลองแบบ (simulation) จำนวนมากจากการปรับค่าพารามิเตอร์ไปทีละน้อยทีละตัวจนปรับเปลี่ยนพร้อมกันหลายตัวเพื่อเลือกชุดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม กล่าวคือที่สามารถให้ผลที่สอดคล้องกับหลักฐานข้อมูลเท่าที่มีอยู่จริง ดังนั้น นอกจากค่าพารามิเตอร์ที่สามารถกำหนดได้แน่นอนจากข้อมูลที่มีอยู่ หรือที่พอกำหนดได้จากข้อมูลบางส่วนและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอันได้แก่ จำนวนประชากรจำแนกตามเพศและอายุ(ตาราง 2) อัตราภาวะเจริญพันธ์รายอายุและ อัตราภาวะการตายจำแนกรายเพศและอายุ(ตาราง 3) อัตราการติดต่อต่อคู่ อัตราการติดต่อจากมารดาสู่บุตร อัตราการเปลี่ยนสถานภาพหลังการติดเชื้อ และอัตราตายจากโรคเอดส์(ตาราง 4) ซึ่งกำหนดไว้ตามเดิมแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นดังนี้

1. สัดส่วนประชากรชายและหญิง จำแนกตามกลุ่มอายุ และกลุ่มกิจกรรมทางเพศ 1985 (พ.ศ. 2528) ตามที่แสดงในตาราง 8
2. อัตราเฉลี่ยการเปลี่ยนคู่(ต่อปี) ตามที่แสดงในตาราง 9
3. รูปแบบการจับคู่ โดยกำหนดค่า ε_1 ε_2 ε_3 ดังนี้

	ε_1	ε_2	ε_3
male-female	0.65	0.02	0.80
female-male	0.65	0.02	0.80

และแสดงในแผนภาพ 16

4. ลดความน่าจะเป็นของการติดต่อจากชายสู่หญิงจากเดิม 0.2 เป็น 0.17 ต่อคู่
5. ลดอัตราการเปลี่ยนคู่ลง 80% ในช่วงปีที่ 7-20 (1991-2004)
6. ลดอัตราการติดต่อระหว่างชาย-หญิงลง 80% เฉพาะระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 ในช่วงปีที่ 7-20 (1991-2004)

จากค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ในตาราง 2 ตาราง 3 ตาราง 4 ตาราง 8 และตาราง 9 กับแผนภาพ 16 ผู้วิจัยได้คำนวณหาอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี และอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี เพื่อเปรียบเทียบกับอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์ (Military) และอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ในสถานผดุงครรภ์ของรัฐ (ANC) ในช่วงปีค.ศ. 1985-2014

แผนภาพที่ 17 แสดงอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปีที่ได้จากตัวแบบสำหรับช่วงปี ค.ศ. 1985-2014 เปรียบเทียบกับอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์ (Military) จะเห็นว่าในช่วงแรกคือระหว่างปี 1985-1993 อัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี เพิ่มขึ้นทุกปีและมีค่าต่ำกว่าอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์จากข้อมูล Military เพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าเป็นไปได้เนื่องจากในกลุ่มชายอายุ 20-21 ปีนั้นรวมผู้ที่เป็นนักเรียนและนักศึกษาซึ่งควรจะมีอัตราเสี่ยงต่อการติดเชื้อน้อยกว่าเนื่องจากอยู่ในวัยศึกษา ในขณะที่กลุ่มทหารเกณฑ์จะไม่มีนักเรียนและนักศึกษา ทำให้อัตราการติดเชื้อน่าจะสูงขึ้น สำหรับปี 1994-1995 อัตราที่ได้จากตัวแบบแสดงค่าที่สูงกว่าอัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มทหารเกณฑ์ ซึ่งมีความเป็นไปได้จากการที่เป็นช่วงระบาดของเชื้อ HIV และโรคเอดส์ ทำให้มีผู้ที่ติดเชื้อและอาจแสดงอาการเอดส์แล้วจำนวนหนึ่งซึ่งจะไม่ถูกเกณฑ์เข้าเป็นทหาร จึงทำให้อัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มทหารเกณฑ์ลดลง อัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปีนี้จะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งมีค่าใกล้ 0 ตั้งแต่ปีค.ศ. 2009 เป็นต้นไป

I18300965

แผนภาพ 18 แสดงอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปีที่ได้จากตัวแบบในช่วงปีค.ศ. 1985-2014 เปรียบเทียบกับอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ในสถานผดุงครรภ์ของรัฐ (ANC) จะเห็นว่าในช่วงแรกคือระหว่างปีค.ศ. 1989-1992 อัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปีใกล้เคียงกับอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ในสถานผดุงครรภ์ของรัฐ แต่หลังจากนั้น อัตราความชุกการติดเชื้อจากตัวแบบจะเริ่มลดลงในขณะที่อัตราจาก ANC เพิ่มสูงขึ้นโดยไม่ลดลงแต่อย่างใด เป็นที่น่าสังเกตว่า อัตราจากข้อมูล ANC มีความคลาดเคลื่อนมากจากสาเหตุหลายประการ โดยเฉพาะกรณีที่หญิงที่ฝากครรภ์กับสถานผดุงครรภ์ของรัฐไม่ใช่ตัวแทนที่ดีของหญิงมีครรภ์ทั้งหมด เนื่องจากผู้ที่มีฐานะพอที่จะจ่ายค่ารักษาพยาบาลเองได้ มักจะฝากครรภ์ที่โรงพยาบาล ยิ่งเป็นผู้ที่มีฐานะดี ก็มักจะฝากครรภ์ที่โรงพยาบาลเอกชน ซึ่งโรงพยาบาลเหล่านี้ไม่อยู่ในกลุ่มที่ทำการสำรวจหรือเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับลักษณะของอัตราความชุกการติดเชื้อจากข้อมูล ANC ในช่วงหลังนั้น จากการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ไม่ปรากฏว่ามีค่าใดของพารามิเตอร์ตัวใดทำให้รูปแบบของอัตราความชุกการติดเชื้อนี้อยู่ในลักษณะลดลงได้ และการพยายามทำให้ผลที่ได้จากตัวแบบใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากข้อมูล ANC ในช่วงปีหลังๆ ไม่น่าจะเป็นไปได้โดยไม่ทำให้ข้อกำหนดอื่นๆ ของตัวแบบถูกกระทบไปด้วย กล่าวอีกนัยหนึ่ง ข้อมูล ANC มีความโน้มเอียงที่จะมีความคลาดเคลื่อนที่ทำให้ค่าสูงกว่าที่ควรจากความกังวลของบุคคลทั่วไปที่มีต่อการระบาดของเชื้อนี้และการเพิ่มความพยายามในการตรวจวินิจฉัย อย่างไรก็ตาม น่าจะคาดได้ว่า เมื่อเวลาผ่านไป ความคลาดเคลื่อนนี้จะลดลงทำให้อัตราที่ได้จากข้อมูล ANC ใกล้เคียงกับที่ได้จากตัวแบบมากขึ้น

จากผลการพิจารณาข้างต้น ผู้วิจัยจะใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่กำหนดข้างต้นซึ่งแสดงไว้ในตาราง 2 ตาราง 3 ตาราง 4 ตาราง 8 และตาราง 9 กับแผนภาพ 16 รวมทั้งลดความน่าจะเป็นของการติดต่อจากชายสู่หญิงจากเดิม 0.2 เป็น 0.17 ต่อคู่ ลดอัตราการเปลี่ยนคู่ลง 80% ในช่วงปีที่ 7-20 (1991-2014) และลดอัตราการติดต่อระหว่างชาย-หญิงลง 80% เฉพาะระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่1 และมีโครงการป้องกันและควบคุมโรคเอดส์ในระหว่างปี 1991-2004 จากค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้นี้ จะทำการพิจารณาถึงผลกระทบที่การระบาดของเชื้อ HIV/AIDS มีต่อลักษณะทางประชากรของประเทศไทย ซึ่งจะนำเสนอในตอนที่ 7 ต่อไป

7 ผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรของประเทศไทย

จากการเลือกตัวแบบเพื่อศึกษาผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรของประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาอธิบายถึงปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อความน่าจะเป็นของการติดต่อและการระบาดของโรค รวมทั้งการเปลี่ยนสถานะการเจ็บป่วยเมื่อติดเชื้อแล้วไปจนกระทั่งเสียชีวิตด้วยโรคเอดส์ อันก่อให้เกิดผลกระทบกับโครงสร้างและลักษณะสำคัญทางประชากร โดยใช้ข้อมูลของประเทศไทยและผลงานวิจัยต่างๆที่มีอยู่ ประกอบกับการกำหนดค่าพารามิเตอร์อื่นที่ยังขาดข้อมูลหรือผลงานวิจัยที่ช่วยชี้แนะได้ และทำการตรวจสอบความเหมาะสมของค่าที่กำหนดเหล่านั้น ตามที่เสนอไว้ในตอนที่แล้วนั้น การเสนอผลกระทบของ HIV/AIDS ในที่นี้ จะทำการเสนอผลกระทบที่มีต่อประชากรโดยการพิจารณาผลการคาดประมาณจำนวนผู้ติดเชื้อ HIV ผู้เสียชีวิตด้วยโรคเอดส์ จำนวนประชากรโดยรวมเมื่อมีการระบาดของ HIV/AIDS เทียบกับกรณีที่ไม่มีการระบาด และลักษณะทางประชากรที่สำคัญอื่นๆ ได้แก่ อัตราเพิ่มประชากรต่อปี อัตราส่วนการเป็นภาระหรืออัตราส่วนการพึ่งพา และโครงสร้างประชากรตามกลุ่มอายุเปรียบเทียบกรณีที่มีการระบาดของ HIV/AIDS กับกรณีที่ไม่มีการระบาด

1) จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV

ผลลัพธ์ประการแรกที่คำนวณได้จากตัวแบบคือจำนวนผู้ติดเชื้อ HIV ซึ่งเป็นผลจากการนำความเข้าใจเกี่ยวกับการติดต่อโรคในกลุ่มคนกลุ่มต่างๆ ตามลักษณะความน่าจะเป็นที่คาดไว้ด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆในตัวแบบซึ่งได้ตรวจสอบความเหมาะสมแล้ว จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV ที่ประมาณได้จากตัวแบบระหว่างปีค.ศ. 1985-2014 ปรากฏในตาราง 11 และแผนภาพ 19 จะเห็นว่า จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการระบาดและมีจำนวนผู้ติดเชื้อสูงสุดในปี 1995 จำนวน 633,586 คน หรือประมาณ 1.0% ของประชากร โดยผู้ติดเชื้อ HIV ในที่อยู่ในปีนั้น เป็นชายมากกว่าหญิง 135,068 คน กล่าวคือเป็นชาย 384,327 คน และหญิง 249,259 คน หลังจากนั้น จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV จะลดลงเหลือ 490,197 คน ในปี 2000 และเป็น 316,590 คนในปี 2004 และ 85,472 คนในปี 2014 โดยค่าแตกต่างระหว่างจำนวนผู้ติดเชื้อชายและหญิงจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนจากแผนภาพ 19 นอกจากนี้ หากพิจารณาจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมตั้งแต่เริ่มต้นการระบาด จะเห็นจากตาราง 12 ว่า มีผู้ติดเชื้อสะสมถึงปี 1995 จำนวน 834,200 คน จำนวนสะสมของผู้ติดเชื้อจะเป็นประมาณ 1 ล้านคนในปี 1999 หรือประมาณ 1,028,000 คนในปี ค.ศ. 2000 (หรือประมาณ 1.6% ของประชากรที่คาดประมาณไว้ในปีนั้น) และเพิ่มเป็น 1,064,000 คนเมื่อถึงปี 2004 และ 1,078,000 คนเมื่อถึงปี 2014

2) จำนวนผู้ป่วยเอดส์

จากข้อกำหนดเกี่ยวกับระยะฟักตัว (incubation time) ของเชื้อ HIV/AIDS ตามที่กำหนดไว้ในตัวแบบว่ามีระยะฟักตัวมัธยฐานเท่ากับ 8.5 ปี โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นคือ ขั้นที่ 1 ระยะเวลา 0.5 ปี ขั้นที่ 2 ระยะเวลา 7.5 ปี และขั้นที่ 3 ระยะเวลา 0.5 ปี จำนวนผู้ป่วยเอดส์และจำนวนสะสมในปีต่างๆ ได้แสดงไว้ในตาราง 12 รวมทั้งแสดงจำนวนสะสมของผู้ป่วยเอดส์ในแผนภาพ 21 ด้วย จะเห็นว่าจำนวนผู้ป่วยเอดส์เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ประมาณปี 1990 ทำให้จำนวนสะสมของผู้ป่วยเอดส์สูงถึง 235,700 คนในปี 1995 (ประมาณ 0.4% ของประชากรที่คาดประมาณไว้ในข้อ 4)ซึ่งจะกล่าวต่อไป) เพิ่มเป็น 562,100 ในปี 2000 (ประมาณ 0.9% ของประชากร) และเพิ่มเป็น 755,700 คนในปี 2004 (ประมาณ 1.14%ของประชากร) และ 974,500 คนในปี 2014 (ประมาณ 1.37% ของประชากร) ซึ่งจะเห็นว่าอัตราเพิ่มในช่วงหลังลดลงกว่าในช่วงแรกมากพอควร ดังจะเห็นได้จากความลาดชันของเส้นโค้งจำนวนสะสมที่ลดความชันลงในแผนภาพ 21

3) จำนวนตายจากโรคเอดส์

จากการกำหนดระยะเวลาการมีชีวิตอยู่หลังการแสดงอาการเอดส์เท่ากับ 7 เดือน ทำให้จำนวนผู้ป่วยเอดส์กับจำนวนผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์ใกล้เคียงกันมาก ตาราง 12 แสดงข้อมูลจำนวนตายและจำนวนตายสะสมจากโรคเอดส์ตั้งแต่ปี 1985- 2014 และแผนภาพ 20 แสดงจำนวนตายรวมและแยกรายเพศในช่วงเวลาเดียวกัน จะเห็นว่าจำนวนตายสะสมจนถึงปี 1995 จากตัวแบบเท่ากับ 224,342 คน และจะเพิ่มเป็นประมาณ 750,000 คนเมื่อถึงปี 2004 และ 973,000 คน เมื่อถึงปี 2014 เมื่อพิจารณาจำนวนตายในแต่ละปี จะพบว่าในช่วงแรกหลังเกิดการระบาด จำนวนตายจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีจำนวนตายสูงสุดในปี 1997 เท่ากับ 68,025 คน หลังจากนั้นจำนวนตายจะค่อยๆ ลดลงตามลำดับจนเท่ากับประมาณ 11,600 คนในปี 2014 เนื่องจากจำนวนตายจากโรคเอดส์แสดงผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรโดยตรง จึงนำข้อมูลจำนวนตายที่ประมาณได้นี้ไปพิจารณาผลที่มีต่อประชากรในด้านต่างๆ ต่อไป

แผนภาพ 21 แสดงจำนวนสะสมของผู้ติดเชื้อ HIV ผู้ป่วยโรคเอดส์ และผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์ที่ประมาณได้จากตัวแบบ จะเห็นว่าเส้นโค้งแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคเอดส์กับเส้นแสดงจำนวนผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์เกือบเป็นเส้นโค้งเดียวกัน ซึ่งเกิดจากการที่ระยะเวลามีชีวิตอยู่หลังแสดงอาการเอดส์เป็นช่วงเวลาที่สั้นมากตามที่กำหนดไว้นั่นเอง

4) จำนวนประชากรเมื่อมีและไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS

ผลจากการระบาดของ HIV/AIDS คือการมีผู้ติดเชื้อ HIV/AIDS ซึ่งจะเปลี่ยนสถานภาพการเจ็บป่วยจากผู้ติดเชื้อขั้นที่ 1 ขั้นที่ 2 ขั้นที่ 3 จนแสดงอาการเอดส์ และตายจากโรคเอดส์ การระบาดของ HIV/AIDS จึงมีผลกระทบต่อจำนวนประชากรของประเทศ รวมทั้งนโยบายและการวางแผนสาธารณสุขและความสูญเสียทางเศรษฐกิจ ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะผลกระทบทางประชากร จึงทำการศึกษาจำนวนประชากรในกรณีที่มีการระบาดของ HIV/AIDS เทียบกับกรณีที่ไม่มีการระบาด ตาราง 13 และแผนภาพ 22 แสดงจำนวนประชากรเมื่อมีและไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS หากไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS ประชากรของประเทศไทยจะเพิ่มจาก 53.2 ล้านคนในปี 1985 เป็นประมาณเกือบ 60 ล้านคนในปี 1994 เป็น 66.9 ล้านคนในปี 2004 และ 72.25 ล้านคนในปี 2014 แต่ในกรณีที่มีการระบาดของ HIV/AIDS ประชากรไทยจะลดลง โดยเป็นประมาณ 59.5 ล้านคนในปี 1994 เป็นประมาณ 66 ล้านคนในปี 2004 และเป็นประมาณ 71 ล้านคนในปี 2014 กล่าวคือผลจากการระบาดของ HIV/AIDS จะเริ่มต้นแสดงผลกระทบที่ชัดเจนต่อจำนวนประชากรในปี1994 คือจะทำให้มีความแตกต่างในประชากรประมาณ 150,000 คนในปีนั้น และจะทำให้ความแตกต่างเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ดังที่เห็นได้จากจำนวนประชากรที่ลดลงถึง 882,000 คนในปี 2004 และ ลดลง 1,130,000 คนในปี 2014 หรือมีประชากรลดลง 0.25%ในปี1994 หรือลดลง1.32%ในปี 2004 และลดลง1.56% ในปี 2014 เมื่อเทียบกับประชากรกรณีที่ไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS

5) อัตราเพิ่มประชากรต่อคนต่อปี

ผลกระทบด้านประชากรในอีกมุมหนึ่งคือ ผลกระทบที่มีต่ออัตราการเพิ่มประชากรรายปี จากตาราง 14 และแผนภาพ 23 ผลกระทบด้านอัตราเพิ่มประชากรจากการระบาดของHIV/AIDS ในช่วงปี 1985-1990 ยังไม่ปรากฏ เนื่องจากเป็นระยะที่ผู้ติดเชื้อเอดส์ในช่วงเริ่มต้นการระบาดยังไม่เปลี่ยนสถานภาพไปจนกระทั่งแสดงอาการเอดส์และเสียชีวิต ในกรณีที่ไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS อัตราเพิ่มประชากรต่อปีในปี1991 เป็น 1.344% และลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปโดยมีอัตราเพิ่มเป็น 1.31% ในปี 1995 1.24%ในปี 1998 1.116% ในปี 2000 จนเป็น 1.0% ในปี 2004 และ 0.71% ในปี 2014 อย่างไรก็ตาม จากการระบาดของ HIV/AIDS อัตราเพิ่มประชากรต่อปีในปี1991 เป็น 1.318% และลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงปี 1995-1998 กล่าวคือ อัตราเพิ่มประชากรเป็น 1.195% ในปี 1995 และ 1.116% ในปี 1998 1.057% ในปี 2000 และอัตราเพิ่มจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปอีกจนเป็น 0.931% ในปี 2004 และ 0.70% ในปี 2014 ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบอัตราเพิ่มประชากรระหว่างกรณีที่มีการแพร่ระบาดของ HIV/AIDS กับกรณีที่ไม่มีการระบาดของHIV/AIDS จะเห็นว่าอัตราเพิ่มประชากรจะเริ่มถูกกระทบตั้งแต่ปี

1990 เป็นต้นไป โดยในปี 1991 อัตราเพิ่มประชากรต่อปีจะลดลงจากกรณีที่ไม่มีการระบาด 0.026% และความแตกต่างของอัตราเพิ่มจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.12% ในช่วงปี 1995-1998 แล้วเริ่มลดลงโดยมีความแตกต่างของอัตราเพิ่มเป็น 0.109% ในปี 2000 0.083% ในปี 2004 แต่ความแตกต่างนี้จะเหลือเพียง 0.013% ในปี 2014 ดังนั้น หากเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ ของตัวแบบที่ใช้คำนวณแล้ว ในระยะยาวหลังปี 2014 เป็นต้นไปการระบาดของ HIV/AIDS จะมีผลกระทบต่ออัตราเพิ่มประชากรน้อยมาก

6) อัตราส่วนการเป็นภาระต่อปี

อัตราส่วนการเป็นภาระคืออัตราส่วนที่คำนวณจากจำนวนประชากรในวัยเด็กหรือผู้มีอายุต่ำกว่า 15 ปี รวมกับประชากรวัยสูงอายุหรือผู้มีอายุมากกว่า 60 ปี เทียบกับผู้ที่อยู่ในวัยแรงงานหรือผู้ที่มีอายุระหว่าง 15-60 ปี และแสดงว่าผู้ที่อยู่ในวัยแรงงานจะต้องรับภาระในการดูแลผู้ที่ไม่อยู่ในวัยแรงงานมากน้อยเพียงไร เนื่องจากกลุ่มที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ HIV/AIDS ส่วนใหญ่คือผู้ที่อยู่ในวัยเจริญพันธ์ หรือผู้ที่อยู่ในวัยแรงงาน กับผู้ที่อยู่ในวัยเด็กในกรณีที่ติดเชื้อจากมารดา การเสียชีวิตจาก HIV/AIDS ย่อมทำให้จำนวนคนในกลุ่มวัยแรงงานลดลง แต่ขณะเดียวกันก็ทำให้จำนวนเด็กลดลงไปบ้างด้วย แต่ขนาดหรือขอบข่ายที่ลดลงไม่เท่ากันจะมีผลกระทบต่ออัตราส่วนการเป็นภาระ ตาราง 15 และแผนภาพ 24 แสดงอัตราส่วนการเป็นภาระต่อปีในกรณีที่มีการระบาดของ HIV/AIDS และกรณีที่ไม่มีการระบาด จะเห็นว่าอัตราส่วนการเป็นภาระเริ่มแสดงการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ปี 1991 โดยแสดงอัตราส่วนการเป็นภาระต่อปีในกรณีที่มีการระบาดของHIV/AIDS ที่ขยับตัวสูงขึ้นเล็กน้อยตามเวลา ความแตกต่างในอัตราส่วนการเป็นภาระจากการระบาดของ HIV/AIDS เป็นประมาณ .003 ในปี 1994 ประมาณ .004 ในปี 2004 และประมาณ .006 ในปี 2014

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ผลกระทบของการระบาดของHIV/AIDS จะไม่แสดงอย่างชัดเจนต่ออัตราส่วนการเป็นภาระต่อปี เนื่องจากจำนวนตายจากHIV/AIDS ในกลุ่มวัยแรงงานจะถูกชดเชยด้วยจำนวนตายของผู้อยู่ในวัยเด็กบ้าง และจำนวนตายที่เกิดจาก HIV/AIDS เมื่อเทียบกับจำนวนหรือขนาดประชากรแล้วเป็นจำนวนที่น้อยกว่ามาก จึงไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการเป็นภาระอย่างเห็นได้ชัด แต่การแพร่ระบาดของ HIV/AIDS ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ติดเชื้อและครอบครัวในเชิงเศรษฐกิจ เนื่องจากจะทำให้ผู้ติดเชื้อโดยเฉพาะผู้ที่มีอาการแล้ว ไม่สามารถทำงานเชิงเศรษฐกิจได้และต้องมีภาระในการรักษาพยาบาล ผลกระทบในเชิงเศรษฐกิจนี้จะเป็นอีกมุมมองหนึ่งในการพิจารณาผลกระทบของ HIV/AIDS ที่มีต่อสังคมและประเทศ ซึ่งสมควรจะมีการศึกษาต่อไป

7) ประชากรรายกลุ่มอายุ

จากการที่การระบาดของ HIV/AIDS ไม่ได้กระทบประชากรในทุกกลุ่มอายุโดยสม่ำเสมอ จึงควรที่จะพิจารณาผลกระทบที่มีต่อโครงสร้างอายุของประชากรนอกเหนือจากการพิจารณาผลที่มีต่อจำนวนประชากรโดยรวม ตาราง 16 17 และ 18 แสดงจำนวนประชากรชายและหญิงจำแนกตามกลุ่มอายุในกรณีที่มีการระบาดของ HIV/AIDS และกรณีที่ไม่มีการระบาด สำหรับปี 1994 2004 และ 2014 และแผนภาพ 25 และ 26 แสดงโครงสร้างอายุประชากรชายและหญิงในสองกรณีนี้สำหรับปี 2004 และ 2014 แต่เนื่องจากจำนวนตายจากเอดส์เมื่อเทียบกับจำนวนประชากรโดยรวมแล้วไม่สูงมากนัก เพื่อให้เห็นภาพความแตกต่างชัดเจนขึ้น จึงได้นำเสนอความแตกต่างในประชากรชายและหญิงรายกลุ่มอายุในปี 2014 ในแผนภาพ 27 โดยแสดงความแตกต่างด้วยแถบสีดำในแผนภาพ จากแผนภาพนี้ จะเห็นว่าในปี 2014 ผลกระทบจาก HIV/AIDS ที่มีต่อโครงสร้างอายุของประชากรทั้งชายและหญิงไม่รุนแรงนัก กล่าวคือไม่ได้ทำให้รูปแบบโครงสร้างประชากรเปลี่ยนแปลงไป แต่จะมีผลกระทบต่อแต่ละกลุ่มอายุและเพศไม่เท่าเทียมกัน โดยจะกระทบกลุ่มอายุ 5-20 และ 30-50 ปีมากกว่าช่วงอายุอื่น

ในการพิจารณาผลกระทบของการระบาดที่มีต่อประชากรเพศชายและหญิงนั้น จากการพิจารณาผลที่ได้จากตัวแบบ พบว่าผลกระทบที่เกิดกับเพศชายจะสูงกว่าที่เกิดกับเพศหญิง กล่าวคือจำนวนประชากรชายในกรณีที่มีการระบาดจะน้อยลงมากกว่าของประชากรหญิง ถ้าพิจารณาทุกกลุ่มอายุ จะพบว่าการระบาดของ HIV/AIDS ทำให้ประชากรชายในปี 2014 ลดลงจากที่พึงเป็นหากไม่มีการระบาด 698,493 คน ในขณะที่ประชากรหญิงในปีดังกล่าวลดลง 531,440 คน หรือมีความแตกต่างระหว่างเพศ 167,053 คน

ส่วนการพิจารณาในรายละเอียดลงไปที่กลุ่มอายุนั้น แผนภาพ 28 และ 29 แสดงความแตกต่างในประชากรรายกลุ่มอายุ ในปี 1994(สีขาว) 2004(สีเทา) และ 2014(สีดำ) ของประชากรชายและหญิงตามลำดับ จะเห็นว่าผลกระทบจากการระบาดของ HIV/AIDS เพิ่มมากขึ้นตามเวลา และกระทบกลุ่มอายุสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปจากการที่ประชากรในกลุ่มอายุที่ได้รับผลจากการระบาดมีอายุสูงขึ้นๆ กล่าวคือ ในปี 1994 กลุ่มอายุที่ถูกกระทบโดยตรงคือกลุ่ม 15-39 โดยความแตกต่างในประชากรชายมีมากกว่าในประชากรหญิง กล่าวคือ ความแตกต่างในประชากรชายเท่ากับ 79,470 คน ในขณะที่ความแตกต่างสำหรับหญิงเป็นเพียง 62,670 คน กลุ่มอายุ 0-5 แสดงผลกระทบบ้างในทั้งสองเพศ แต่อีกสิบปีต่อมา กลุ่มอายุที่ถูกกระทบมากจะเป็นสองช่วง คือช่วงอายุ 0-15 ซึ่งเป็นผลจากการติดต่อจากมารดาสู่บุตรและจากการที่อัตราเจริญพันธ์อาจลดลงบ้าง ผลกระทบที่เกิดกับเด็กในวัยดังกล่าวไม่แสดงความแตกต่างระหว่างเพศ สำหรับช่วงที่ได้รับผลกระทบมากอีกช่วงหนึ่งคือช่วงอายุ 20-49 ปี ซึ่งมีความแตกต่างสูงมากและมีผลกระทบต่อ

ประชากรชายมากกว่าหญิง โดยเป็นความแตกต่างในประชากรชายเท่ากับ 399,350 คน และประชากรหญิงเท่ากับ 269,660 คน หรือเพียง 2 ใน 3 ของความแตกต่างในประชากรชาย ภาพความแตกต่างนี้ในเวลาอีก 10 ปีถัดมาคือในปี 2014 จะเห็นความแตกต่างเพิ่มสูงขึ้นและเคลื่อนไปสู่กลุ่มที่มีอายุสูงขึ้น โดยลักษณะความแตกต่างตามอายุยังคงรูปเป็นสองช่วงเช่นเดิม ช่วงแรกคือช่วงอายุ 0-25 ปี และช่วงที่สองคือช่วงอายุ 30-59 ปี สำหรับช่วงแรกนั้น ไม่แสดงความแตกต่างระหว่างเพศ แต่สำหรับกลุ่มอายุในช่วงที่สอง มีความแตกต่างระหว่างเพศชายและหญิงอย่างชัดเจน โดยผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ทำให้มีประชากรชายในกลุ่มอายุ 30-59 ปีลดลงเท่ากับ 505,860 คน และประชากรหญิงลดลงเท่ากับ 341,640 คน หรือเป็นสองในสามของความแตกต่างในกลุ่มประชากรชายสำหรับช่วงอายุเดียวกัน

ผลกระทบที่มีต่อประชากรตามกลุ่มอายุและเพศที่ไม่สม่ำเสมอกันนี้ จะมีผลกระทบในด้านอื่นสืบเนื่องต่อไปด้วย เช่น การที่การระบาดของ HIV/AIDS ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจำนวนคนในกลุ่มอายุ 20-59 ปีย่อมส่งผลไปยังอัตราส่วนการเป็นภาระ เนื่องจากกลุ่มคนในช่วงอายุ 20-59 ปีคือผู้ที่อยู่ในวัยแรงงาน นอกจากนี้ การที่มีผลกระทบต่อเพศชายมากกว่าเพศหญิงในช่วงอายุ 30-59 ปี ก็อาจส่งผลต่อการพิจารณารายละเอียดต่อไปว่า แรงงานชายที่ลดลงไปนี้จะกระทบปัจจัยอื่นอีกบ้างหรือไม่อย่างไร หรือมีปัจจัยอื่นที่มากำกับลักษณะของผู้ที่มีโอกาสเสี่ยงในเรื่องนี้สูงกว่าหรือไม่ เป็นต้น

จากการพิจารณาผลกระทบของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรผ่านลักษณะต่างๆที่สำคัญด้านประชากรดังที่กล่าวมานี้ จะเห็นว่า การแพร่ระบาดของ HIV/AIDS ส่งผลกระทบด้านประชากร โดยสรุปดังนี้คือ การระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้มีจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมถึงปี 2000 มากกว่า 1 ล้านคน และมีผู้เสียชีวิตจากเอดส์รวมกันมากกว่า 5 แสน5 หมื่นคนเมื่อนับถึงปี 2000 และจะเป็นจำนวนรวมมากกว่า 1 ล้านคนเมื่อนับถึงปี 2014 ทั้งนี้ คาดได้ว่า การระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้ประชากรในปี 2000 ลดลงกว่าที่พึงเป็นประมาณ 1% และทำให้ประชากรในปี 2014 ลดลงกว่าที่พึงเป็นหากไม่มีการระบาดเป็น 1.6% อัตราเพิ่มประชากรจะเริ่มถูกกระทบจากการระบาดของ HIV/AIDS ตั้งแต่ปี 1991 โดยการระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้อัตราเพิ่มประชากรลดลง 0.026% ต่อปีในปีนั้น และความแตกต่างของอัตราเพิ่มประชากรต่อปีจะเพิ่มเป็นประมาณ 0.12% ต่อปีในช่วงปี 1995-2000 แต่จะลดลงจนเหลือ 0.06% ต่อปีในปี 2005 และไม่แสดงความแตกต่างในอัตราเพิ่มประชากรต่อปีอีกเมื่อถึงปี 2014 นอกจากนี้ การระบาดของ HIV/AIDS จะมีผลต่อจำนวนประชากรในกลุ่มอายุต่างกันอย่างไม่เท่าเทียมกัน ในช่วงประมาณปี 1994 การระบาดจะแสดงผลในประชากรกลุ่มอายุ 15-39 ปีเป็นหลัก แต่เมื่อเวลาผ่านไป จะกระทบต่อกลุ่มอายุที่น้อยกว่า และกลุ่มอายุสูงกว่าเนื่องจากการติดต่อของ HIV/AIDS จากมารดาสู่บุตร และการที่ผู้ที่อยู่ใน

กลุ่มอายุ 15-39 ปี มีอายุมากขึ้นตามเวลา กล่าวคือความแตกต่างในประชากรในปี 2004 จะปรากฏในกลุ่มอายุ 0-15 ปี และกลุ่มอายุ 20-49 ปีเป็นสำคัญ ส่วนในปี 2014 จะเห็นความแตกต่างชัดเจนในกลุ่มอายุ 0-25 ปี และ 30-59 ปีเป็นหลัก ทำให้ประชากรวัยแรงงานซึ่งเป็นผู้แบกภาระในการเลี้ยงดูเด็กและผู้สูงอายุลดน้อยลง โดยเฉพาะจะกระทบผู้ชายในวัยแรงงานมากกว่าผู้หญิง ซึ่งอาจจะเป็นตัวเร่งทำให้ปัญหารุนแรงเพิ่มขึ้นได้ สำหรับอัตราส่วนการเป็นภาระนั้น จะเห็นว่าเพิ่มสูงขึ้นตามเวลา โดยความแตกต่างในอัตราส่วนการเป็นภาระที่เพิ่มจากกรณีที่ไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS เท่ากับ 0.003 ในปี 1994 และเพิ่มขึ้นเป็น 0.004 ในปี 2004 และ 0.006 ในปี 2014

8 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ และผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรในภาคเหนือ

นอกจากการศึกษาถึงผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ในระดับประเทศแล้ว จากการพิจารณาอัตราการติดเชื้อของทหารเกณฑ์แยกตามภูมิภาค พบว่า อัตราการติดเชื้อของทหารเกณฑ์แตกต่างกันไปตามภูมิภาค โดยเฉพาะในภาคเหนือซึ่งมีอัตราการติดเชื้อสูงมากกว่าภาคอื่นๆ ในระหว่างปี ค.ศ. 1989 - 1994 (ดูตาราง 19)อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น จึงสมควรที่จะทำการศึกษากรณีของภาคเหนือเพิ่มเติมจากกรณีของระดับประเทศ ถึงแม้ว่าการระบาดของ HIV/AIDS มีความชุกมากเพียงในจังหวัด 5 จังหวัดของภาคเหนือตอนบนก็ตาม แต่เนื่องจากการพิจารณาตัวแบบที่ใช้ ต้องอาศัยข้อมูลอื่นประกอบอีกมาก และข้อมูลที่มีอยู่ส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลรวมของภาคเหนือทั้งภาค มิได้แยกจังหวัดภาคเหนือตอนบนออกต่างหาก ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาภาคเหนือทั้งภาค

สำหรับการศึกษาเฉพาะกรณีของภาคเหนือนี้ ได้ดำเนินงานเช่นเดียวกับของระดับประเทศ คือ ใช้ตัวแบบของ Anderson et al เช่นเดียวกัน และทำการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เริ่มตั้งแต่พารามิเตอร์ด้านประชากรซึ่งมีข้อมูลที่ทำให้สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ได้ค่อนข้างชัดเจน ไปจนถึงพารามิเตอร์ที่ไม่มีข้อมูลหรืองานวิจัยมากพอที่จะกำหนดค่าได้และต้องดำเนินการทำ sensitivity analysis เพื่อช่วยในการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับข้อมูลเท่าที่พอจะหาได้ซึ่งก็คือข้อมูลอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์ และอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ที่สถานผดุงครรภ์ของรัฐ เพื่อกำหนดชุดค่าพารามิเตอร์ที่จะใช้ในตัวแบบเพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อประชากรต่อไป รายละเอียดของค่าพารามิเตอร์เป็นดังต่อไปนี้

1. พารามิเตอร์ด้านประชากร

พารามิเตอร์ในกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีข้อมูลเพียงพอ ได้แก่ จำนวนประชากรจำแนกตามเพศและกลุ่มอายุ อัตราเจริญพันธ์รายกลุ่มอายุ กับอัตราตายรายเพศและกลุ่มอายุ ตามที่แสดงในตาราง 20 และ 21

2. พารามิเตอร์ด้านชีววิทยา

พารามิเตอร์ในกลุ่มนี้เป็นพารามิเตอร์ที่มีข้อมูลบางส่วนจากการเก็บรวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความน่าจะเป็นในการติดต่อของโรค ความน่าจะเป็นในการติดต่อจากมารดาสู่บุตร อัตราการเปลี่ยนสถานภาพหลังการติดเชื้อ และอัตราตายที่เกิดจากโรคเอดส์ ซึ่งพารามิเตอร์เชิงชีววิทยาเหล่านี้ ไม่น่าจะมีความแตกต่างกันในระดับประเทศและภาคเหนือ จึงให้ค่าพารามิเตอร์ในกลุ่มนี้เป็นชุดเดียวกับที่ใช้ในการศึกษาระดับประเทศ ตามที่แสดงในตาราง 22

3. พารามิเตอร์ด้านพฤติกรรม

สำหรับพารามิเตอร์ด้านพฤติกรรมนี้ ไม่ปรากฏว่ามีข้อมูลที่ชัดเจนเพียงพอ จึงต้องทำ sensitivity analysis เช่นเดียวกับกรณีระดับประเทศ โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าของพารามิเตอร์สัดส่วนประชากรชาย-หญิงในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศกลุ่มที่ 1 อัตราการเปลี่ยนคู่ของชาย-หญิงในบางกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ รูปแบบการจับคู่ และความน่าจะเป็นของการติดต่อ และทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวที่มีต่ออัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มชายอายุ 20-21 ปี และหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี เพื่อทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลอัตราความชุกการติดเชื้อในกลุ่มทหารเกณฑ์(Military)และกลุ่มหญิงที่ฝากครรภ์ที่สถานผดุงครรภ์ของรัฐ (ANC) ได้ผลเป็นค่าพารามิเตอร์ที่จะนำไปใช้ในการคำนวณตามตัวแบบดังต่อไปนี้ คือ

สัดส่วนประชากรชายและหญิงในกลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ ตามตาราง 23
อัตราการเปลี่ยนคู่ของชายและหญิงตามตาราง 24
รูปแบบการจับคู่ (Mixing pattern) และค่า ε_1 ε_2 และε_3 ตามแผนภาพ 30

จากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ตามที่แสดงไว้ในตาราง 20-24 ลงในตัวแบบที่ใช้ ทำการคำนวณอัตราความชุกการติดเชื้อของชายอายุ 20-21 ปี และหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปี เพื่อเปรียบเทียบกับอัตราความชุกการติดเชื้อของทหารเกณฑ์ (Military) และอัตราความชุกการติดเชื้อของหญิงที่ฝากครรภ์ที่สถานผดุงครรภ์ของรัฐ (ANC) ปรากฏผลตามตาราง 25 และแผนภาพ 31-32 ซึ่งสำหรับข้อมูล Military นั้น ในช่วง1989-1993 อัตราความชุกการติดเชื้อจากข้อมูล Military จะสูงกว่าอัตราที่คำนวณได้จากตัวแบบสำหรับชายอายุ 20-21 ปี แต่หลังจากนั้น จะเป็นในลักษณะ

ตรงข้าม ซึ่งด้วยเหตุผลทำนองเดียวกับในกรณีระดับประเทศ ผู้วิจัยเชื่อว่าเป็นการยืนยันความเหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ ในส่วนของอัตราความชุกการติดเชื้อที่ได้จากผู้ฝากครรภ์ที่สถานผดุงครรภ์ของรัฐนั้น จะเห็นว่าอัตราความชุกการติดเชื้อจากข้อมูล ANC มีแนวโน้มลดลงหลังปี 1993 ทำให้อัตราการติดเชื้อที่ได้จากหญิงในกลุ่มอายุ 15-49 ปีจากตัวแบบค่อนข้างจะสอดคล้องกับรูปแบบนี้

สำหรับการเสนอผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรในภาคเหนือนี้ จะทำการเสนอผลกระทบที่มีต่อประชากรโดยการพิจารณาผลที่ได้จากตัวแบบในเรื่องจำนวนผู้ติดเชื้อ HIV จำนวนผู้ป่วยเอดส์ ผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์ จำนวนประชากรโดยรวมเมื่อมีการระบาดของ HIV/AIDS เทียบกับกรณีที่ไม่มีการระบาด อัตราเพิ่มประชากรต่อคนต่อปี อัตราส่วนการเป็นภาระหรืออัตราส่วนการพึ่งพา และโครงสร้างประชากรตามกลุ่มอายุเปรียบเทียบกรณีที่มีการระบาดของ HIV/AIDS กับกรณีที่ไม่มีการระบาด

1) จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV

จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV ในภาคเหนือที่ประมาณได้จากตัวแบบระหว่างปีค.ศ. 1985-2014 ปรากฏในตาราง 26 และแผนภาพ 33 จะเห็นว่า จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการระบาดและมีจำนวนผู้ติดเชื้อสูงสุดในปี 1995 จำนวน 217,678 คน เป็นชายมากกว่าหญิง 52,989 คน กล่าวคือเป็นชาย 135,333 คน และหญิง 82,344 คน หลังจากนั้นจำนวนผู้ติดเชื้อ HIV จะลดลงเหลือ 141,696 คน ในปี 2000 เป็นประมาณ 99,000 คนในปี 2004 และประมาณ 38,400 คนในปี 2014 โดยผู้ติดเชื้อชายและหญิงจะมีจำนวนใกล้เคียงกันมากขึ้นๆ เมื่อเวลาผ่านไป หากพิจารณาจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมตามที่แสดงไว้ในตาราง 27และแผนภาพ 35 จะเห็นว่าจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมเพิ่มในอัตราที่สูงมากในช่วงปี 1989-1993 และอัตราเพิ่มจะค่อยๆ ลดลงหลังจากนั้น

2) จำนวนผู้ป่วยเอดส์

ระยะฟักตัว (incubation time) ของเชื้อ HIV/AIDS ที่กำหนดไว้ในตัวแบบสำหรับการคาดประมาณในภาคเหนือเป็นเช่นเดียวกับในระดับประเทศ กล่าวคือ มีระยะฟักตัวมัธยฐานเท่ากับ 8.5 ปี โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นคือ ขั้นที่ 1 ระยะเวลา 0.5 ปี ขั้นที่ 2 ระยะเวลา 7.5 ปี และขั้นที่ 3 ระยะเวลา 0.5 ปี จำนวนผู้ป่วยเอดส์และจำนวนสะสมในปีต่างๆ ได้แสดงไว้ในตาราง 27 รวมทั้งแสดงจำนวนสะสมของผู้ป่วยเอดส์ในแผนภาพ 35 ด้วย จะเห็นว่าจำนวนผู้ป่วยเอดส์เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ประมาณปี 1990 ทำให้จำนวนสะสมของผู้ป่วยเอดส์สูงถึงกว่า 1 แสนคนในปี

1995 และสูงกว่า 2 แสนคนในปี 2000 และเพิ่มเป็นประมาณ 265,000 คนในปี 2004 และ 340,400 คนในปี 2014 ซึ่งจะเห็นว่าอัตราเพิ่มในช่วงหลังลดลงกว่าในช่วงแรก

3) จำนวนตายจากโรคเอดส์

ข้อมูลจำนวนตายรวมและแยกรายเพศของภาคเหนือในช่วงปี1985-2014 แสดงในตาราง 27 และแผนภาพ 34 จะเห็นว่าจำนวนตายจากโรคเอดส์เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกจนมีค่าสูงสุดในปี 1995 เท่ากับ 25,604 คน หลังจากนั้นจำนวนตายจะค่อยๆ ลดลงตามลำดับจนเท่ากับประมาณ 4,800 คนในปี 2014 จำนวนตายสะสมจนถึงปี 1995 จากตัวแบบประมาณ 98,500 คน และจะเพิ่มเป็นประมาณ 260,000 คนเมื่อถึงปี 2004 และเกือบ 340,000 คน เมื่อถึงปี 2014 จากแผนภาพ 35 จะเห็นว่าเส้นโค้งแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคเอดส์กับเส้นแสดงจำนวนผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์เกือบเป็นเส้นโค้งเดียวกัน ซึ่งเกิดจากการที่ระยะเวลามีชีวิตอยู่หลังแสดงอาการเอดส์เป็นเพียง 7 เดือน

4) จำนวนประชากรเมื่อมีและไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS

ผลจากการระบาดของ HIV/AIDS คือการตายจากโรคเอดส์ที่กระทบจำนวนประชากร จึงต้องศึกษาจำนวนประชากรภาคเหนือในกรณีที่มีการระบาดของ HIV/AIDS เทียบกับกรณีที่ไม่มีการระบาด เพื่อดูความรุนแรงที่เกิดขึ้น ตาราง 28 แสดงจำนวนประชากรภาคเหนือเมื่อมีและไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS จะเห็นว่า ถ้าไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS ประชากรภาคเหนือจะเพิ่มจาก 10.5 ล้านคนในปี 1985 เป็นประมาณเกือบ 11.6 ล้านคนในปี 1994 เป็น 12.6 ล้านคนในปี 2004 และ 13.3 ล้านคนในปี 2014 แต่ในกรณีที่มีการระบาดของ HIV/AIDS ประชากรภาคเหนือจะลดลง โดยเป็นประมาณ 11.5 ล้านคนในปี 1994 เป็นประมาณ 12.3 ล้านคนในปี 2004 และเป็นประมาณ 12.9 ล้านคนในปี 2014 กล่าวคือผลจากการระบาดของ HIV/AIDS จะเริ่มแสดงผลกระทบที่ชัดเจนต่อจำนวนประชากรในปี 1994 คือจะทำให้มีความแตกต่างในประชากรประมาณ 66,600 คน และความแตกต่างนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป โดยจะแตกต่างมากกว่า 300,000 คนในปี 2004 และ 400,000 คนในปี 2014 หรืออีกนัยหนึ่ง จำนวนประชากรในปี 1994 จะลดลง 0.58% จากการระบาดของ HIV/AIDS แต่จะลดลงถึง 3% ในปี 2014 แผนภาพ 36 แสดงความแตกต่างในจำนวนประชากรเปรียบเทียบกรณีที่มีและไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS อย่างชัดเจน

5) อัตราเพิ่มประชากรต่อคนต่อปี

สำหรับผลกระทบที่มีต่ออัตราการเพิ่มประชากรรายปีในภาคเหนือนั้น จากตาราง 29 และแผนภาพ 37 สรุปได้ว่า ในกรณีที่ไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS อัตราเพิ่มประชากรต่อปีในช่วง 1985-1995 เป็นประมาณ 1.1% และลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปจนเป็น 0.85% ในปี 2000 0.67% ในปี 2005 และ 0.57% ในปี 2010 อย่างไรก็ตาม จากการระบาดของ HIV/AIDS อัตราเพิ่มประชากรจะเริ่มถูกกระทบตั้งแต่ปี 1990 โดยในปี 1991 อัตราเพิ่มประชากรต่อปีจะลดลงจากกรณีที่ไม่มีการระบาด 0.071% และความแตกต่างของอัตราเพิ่มจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.22% ในช่วงปี 1995-1998 แล้วเริ่มลดลงโดยมีความแตกต่างของอัตราเพิ่มเป็น 0.17% ในปี 2000 0.10% ในปี 2005 และ 0.048% ในปี 2010 แต่ความแตกต่างนี้จะเหลือเพียง 0.027% ในปี 2014

6) อัตราส่วนการเป็นภาระ

ตาราง 30 และแผนภาพ 38 แสดงอัตราส่วนการเป็นภาระในกรณีที่มีการระบาดของ HIV/AIDS และกรณีที่ไม่มีการระบาดสำหรับภาคเหนือ อัตราส่วนการเป็นภาระเริ่มแสดงการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ปี 1991 โดยแสดงอัตราส่วนการเป็นภาระในกรณีที่มีการระบาดที่ขยับตัวสูงขึ้นเล็กน้อยตามเวลา ความแตกต่างในอัตราส่วนการเป็นภาระจากการระบาดของ HIV/AIDS เป็นประมาณ .006 ในปี 1994 ประมาณ .007 ในปี 2004 และประมาณ .012 ในปี 2014 ซึ่งเมื่อเทียบกับระดับประเทศแล้ว จะมีอัตราเพิ่มที่สูงกว่าของระดับประเทศประมาณเกือบเท่าตัว ซึ่งย่อมแสดงถึงผลกระทบเชิงเศรษฐกิจที่รุนแรงมากขึ้น

7) ประชากรรายกลุ่มอายุ

ก่อนที่จะพิจารณาผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรรายกลุ่มอายุในภาคเหนือ จะพิจารณาผลกระทบที่มีต่อประชากรเพศชายกับเพศหญิงรวมทุกกลุ่มอายุซึ่งพบว่าการระบาดของ HIV/AIDS จะมีผลกระทบต่อเพศชายมากกว่าเพศหญิง กล่าวคือ จำนวนประชากรชายในกรณีที่มีการระบาดของ HIV/AIDS จะน้อยลงมากกว่าของประชากรหญิง ถ้าพิจารณาทุกกลุ่มอายุ จะพบว่าการระบาดของ HIV/AIDS ทำให้ประชากรชายในปี 2014 ลดลงจากที่พึงเป็นหากไม่มีการระบาด 233,215 คน ในขณะที่ประชากรหญิงในปีดังกล่าวลดลง 169,478 คน หรือมีความแตกต่างระหว่างเพศ 63,737 คน

จากการที่การระบาดของ HIV/AIDS กระทบประชากรในแต่ละกลุ่มอายุไม่เท่าเทียมกัน จึงต้องพิจารณาผลกระทบที่มีต่อโครงสร้างอายุของประชากรด้วย ตาราง 31 32 และ 33 แสดงจำนวนประชากรชายและหญิงจำแนกตามกลุ่มอายุในกรณีที่มีการระบาดของ HIV/AIDS และกรณีที่ไม่มีการระบาดในภาคเหนือ สำหรับปี 1994 2004 และ 2014 และแผนภาพ 39 และ 40 แสดงโครงสร้างอายุประชากรชายและหญิงในสองกรณีนี้สำหรับปี 2004 และ 2014 และ เพื่อให้เห็นภาพความแตกต่างชัดเจนขึ้น จึงได้นำเสนอความแตกต่างในประชากรชายและหญิงรายกลุ่มอายุในปี 2014 ในแผนภาพ 41 โดยแสดงความแตกต่างด้วยแถบสีดำในแผนภาพ จากแผนภาพนี้ จะเห็นว่าในปี 2014 ผลกระทบจาก HIV/AIDS ที่มีต่อโครงสร้างอายุของประชากรทั้งชายและหญิงไม่ได้ทำให้รูปแบบโครงสร้างอายุประชากรเปลี่ยนแปลงไปมากนัก แต่จะมีผลกระทบต่อแต่ละกลุ่มอายุและเพศไม่เท่าเทียมกัน โดยจะกระทบกลุ่มอายุ 5-19 และ 35-54 ปีมากกว่าช่วงอายุอื่น

ส่วนการพิจารณาในรายละเอียดลงไปที่กลุ่มอายุนั้น แผนภาพ 42 และ 43 แสดงความแตกต่างในประชากรชายและหญิงรายกลุ่มอายุ ในปี 1994(สีขาว) 2004(สีเทา) และ 2014(สีดำ) ตามลำดับ จะเห็นว่าผลกระทบจากการระบาดของ HIV/AIDS เพิ่มมากขึ้นตามเวลา และกระทบกลุ่มอายุสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปจากการที่ประชากรในกลุ่มอายุที่ได้รับผลจากการระบาดมีอายุสูงขึ้นๆ ในปี 1994 กลุ่มอายุที่ถูกกระทบโดยตรงคือกลุ่มอายุ 15-39 ปี โดยความแตกต่างในประชากรชายมีมากกว่าในประชากรหญิง กล่าวคือ ประชากรชายลดลงจากกรณีที่ไม่มีการระบาดเท่ากับ 33,641 คน ในขณะที่ประชากรหญิงลดลงเพียง 24,152 คน สำหรับกลุ่มอายุ 0-5 แสดงผลกระทบบ้างในทั้งสองเพศ แต่อีกสิบปีต่อมา กลุ่มอายุที่ถูกกระทบมากจะเป็นสองช่วง คือช่วงอายุ 0-15 ซึ่งเป็นผลจากการติดต่อเชื้อจากมารดาสู่บุตร ผลกระทบที่เกิดกับเด็กในวัยดังกล่าวไม่แสดงความแตกต่างระหว่างเพศ สำหรับช่วงที่ได้รับผลกระทบมากอีกช่วงหนึ่งคือช่วงอายุ 20-49 ปี ซึ่งมีความแตกต่างสูงมากและมีผลกระทบต่อประชากรชายมากกว่าหญิง โดยเป็นความแตกต่างในประชากรชายเท่ากับ 138,294 คน และประชากรหญิงเท่ากับ 90,115 คน หรือเพียง 2 ใน 3 ของความแตกต่างในประชากรชาย ภาพความแตกต่างนี้ในเวลาอีก 10 ปีถัดมาคือในปี 2014 จะเห็นความแตกต่างเพิ่มสูงขึ้นและเคลื่อนไปสู่กลุ่มที่มีอายุสูงขึ้น โดยลักษณะความแตกต่างตามอายุยังคงรูปเป็นสองช่วงเช่นเดิม ช่วงแรกคือช่วงอายุ 0-25 ปี และช่วงที่สองคือช่วงอายุ 30-59 ปี สำหรับช่วงแรกนั้น ไม่แสดงความแตกต่างระหว่างเพศ แต่สำหรับกลุ่มอายุในช่วงที่สอง มีความแตกต่างระหว่างเพศชายและหญิงอย่างชัดเจน โดยผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ทำให้มีประชากรชายในกลุ่มอายุ 30-59 ปีลดลงเท่ากับ 171,727 คน และประชากรหญิงลดลงเท่ากับ 112,364 คน หรือเป็นสองในสามของความแตกต่างในกลุ่มประชากรชายสำหรับช่วงอายุเดียวกัน

จากการพิจารณาผลกระทบของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรในภาคเหนือ ซึ่งสรุปได้ว่า การแพร่ระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้มีจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมถึงปี 2000 มากกว่า 350,000คน และมีผู้เสียชีวิตจากเอดส์รวมกันมากกว่าสองแสนคนเมื่อนับถึงปี 2000 และจะเป็นจำนวนรวมประมาณ 340,000 คนเมื่อนับถึงปี 2014 อัตราเพิ่มประชากรจะเริ่มถูกกระทบจากการระบาดของ HIV/AIDS ตั้งแต่ปี 1991 โดยการระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้อัตราเพิ่มประชากรลดลง 0.071% ต่อปีในปี 1991 และความแตกต่างของอัตราเพิ่มประชากรต่อปีจะเพิ่มเป็นประมาณ 0.22% ต่อปีในช่วงปี 1995-1998 และลดลงจนเป็น 0.10% ต่อปีในปี 2005 และ 0.027% ต่อปีเมื่อถึงปี 2014 นอกจากนี้ การระบาดของ HIV/AIDS จะมีผลต่อจำนวนประชากรในกลุ่มอายุต่างกันอย่างไม่เท่าเทียมกัน ในช่วงประมาณปี 1994 การระบาดจะแสดงผลในประชากรกลุ่มอายุ 15-39 ปีเป็นหลัก แต่เมื่อเวลาผ่านไป จะกระทบต่อกลุ่มอายุที่น้อยกว่า และกลุ่มอายุที่สูงขึ้นเนื่องจากการติดต่อของ HIV/AIDS จากมารดาสู่บุตร และการที่ผู้ที่อยู่ในกลุ่มอายุ 15-39 ปี มีอายุมากขึ้นตามเวลา ทั้งนี้ คาดได้ว่า การระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้ประชากรในภาคเหนือในปี 2000 ลดลงกว่าที่พึงเป็น 1.86% และลดลงถึง 3.0% ในปี 2014 หรือหากพิจารณาการลดลงของประชากรในวัยแรงงาน (15-59 ปี) ประชากรชายในวัยแรงงานจะลดลง 3.4% ในปี 2004 และลดลง 4.4% ในปี 2014 และประชากรหญิงในวัยแรงงานจะลดลง 2.2% ในปี 2004 และ 3.1% ในปี 2014

9 สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้พิจารณาผลกระทบของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรของประเทศไทย และประชากรในภาคเหนือของประเทศไทย ด้วยการประมาณจำนวนผู้ติดเชื้อ ผู้ป่วยโรคเอดส์และผู้เสียชีวิตจากโรคเอดส์แยกตามเพศและกลุ่มอายุ โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ Anderson et al (1989, 1993, 1994, 1996) ซึ่งเป็นตัวแบบเชิงกำหนด และแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็นกลุ่มที่มีลักษณะและพฤติกรรมต่างๆ กัน ตัวแบบนี้เป็นตัวแบบเชิงระบาดวิทยา (Epidemic model) ซึ่งต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์จำนวนมากในตัวแบบ โดยแบ่งพารามิเตอร์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พารามิเตอร์ด้านประชากร พารามิเตอร์ด้านชีววิทยา และพารามิเตอร์ด้านพฤติกรรม พารามิเตอร์ทั้งสามประเภทนี้มีข้อมูลที่สามารถหาได้หรือประมวลจากงานวิจัยอื่นๆเพื่อมากำหนดค่าในระดับความเชื่อถือได้ที่แตกต่างกัน รวมทั้งในบางกรณี ไม่สามารถหาข้อมูลมาใช้กำหนดได้ จึงต้องอาศัยการคาดการของผู้วิจัยในการกำหนดค่าเบื้องต้น ในกรณีดังกล่าวนี้ จะต้องทำการตรวจสอบความเป็นไปได้เพื่อตัดสินใจกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบต่อไป

สำหรับในระดับประเทศนั้น จากการพิจารณาผลกระทบของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรผ่านลักษณะต่างๆที่สำคัญด้านประชากรอันได้แก่ จำนวนผู้ติดเชื้อ HIV จำนวนผู้ป่วยเอดส์

จำนวนตายจากโรคเอดส์แยกตามเพศและกลุ่มอายุ อัตราการเพิ่มประชากรต่อคนต่อปี และอัตราส่วนการเป็นภาระ จะเห็นว่า การแพร่ระบาดของ HIV/AIDS ส่งผลกระทบด้านประชากรโดยสรุปดังนี้คือ การระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้มีจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมถึงปี 2000 มากกว่า 1 ล้านคน และมีผู้เสียชีวิตจากเอดส์รวมกันมากกว่า 5 แสน 5 หมื่นคนเมื่อนับถึงปี 2000 และจะเป็นจำนวนรวมมากกว่า 1 ล้านคนเมื่อนับถึงปี 2014 ทั้งนี้ คาดได้ว่า การระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้ประชากรในปี 2000 ลดลงกว่าที่พึงเป็นประมาณ 1% และทำให้ประชากรในปี 2014 ลดลงกว่าที่พึงเป็นหากไม่มีการระบาดถึง 1.7% อัตราเพิ่มประชากรจะเริ่มถูกกระทบจากการระบาดของ HIV/AIDS ตั้งแต่ปี 1991 โดยการระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้อัตราเพิ่มประชากรลดลงจากที่พึงเป็นหากไม่มีการระบาด 0.026% ต่อปีในปี 1991 และความแตกต่างของอัตราเพิ่มประชากรต่อปีจะเพิ่มเป็นประมาณ 0.12% ต่อปีในช่วงปี 1995-2000 แต่จะลดลงจนเหลือ 0.06% ต่อปีในปี 2005 และไม่แสดงความแตกต่างในอัตราเพิ่มประชากรต่อปีอีกเมื่อถึงปี 2014 นอกจากนี้ การระบาดของ HIV/AIDS จะมีผลต่อจำนวนประชากรในกลุ่มอายุต่างกันอย่างไม่เท่าเทียมกัน ในช่วงประมาณปี 1994 การระบาดจะแสดงผลในประชากรกลุ่มอายุ 15-39 ปีเป็นหลัก แต่เมื่อเวลาผ่านไป จะกระทบต่อกลุ่มอายุที่น้อยกว่า และกลุ่มอายุสูงกว่าเนื่องจากการติดต่อของ HIV/AIDS จากมารดาสู่บุตร และการที่ผู้ที่อยู่ในกลุ่มอายุ 15-39 ปี มีอายุมากขึ้นตามเวลา กล่าวคือความแตกต่างในประชากรในปี 2004 จะปรากฏในกลุ่มอายุ 0-15 ปี และกลุ่มอายุ 20-49 ปีเป็นสำคัญ ส่วนในปี 2014 จะเห็นความแตกต่างชัดเจนในกลุ่มอายุ 0-25 ปี และ 30-59 ปีเป็นหลัก ทำให้ประชากรวัยแรงงานซึ่งเป็นผู้แบกภาระในการเลี้ยงดูเด็กและผู้สูงอายุลดน้อยลง โดยเฉพาะจะกระทบผู้ชายในวัยแรงงานมากกว่าผู้หญิง ซึ่งอาจจะเป็นตัวเร่งทำให้ปัญหารุนแรงเพิ่มขึ้นได้ ทั้งนี้ ประชากรชายและหญิงในวัยแรงงาน (15-59 ปี) จะลดลง 1.8% ในปี 2004 และ 2.4% ในปี 2014 สำหรับประชากรชาย และลดลง 1.24% ในปี 2004 และ 1.7% ในปี 2014 สำหรับประชากรหญิง นอกจากนี้ สำหรับอัตราส่วนการเป็นภาระ จะเห็นว่าเพิ่มสูงขึ้นตามเวลา โดยความแตกต่างในอัตราส่วนการเป็นภาระที่เพิ่มจากกรณีที่ไม่มีการระบาดของ HIV/AIDS เท่ากับ 0.003 ในปี 1994 และเพิ่มขึ้นเป็น 0.004 ในปี 2004 และ 0.006 ในปี 2014

สำหรับในภาคเหนือนั้น ผลกระทบของ HIV/AIDS ที่มีต่อประชากรในภาคเหนือสรุปได้ว่า การแพร่ระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้มีจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมถึงปี 2000 ประมาณ 345,000คน และมีผู้เสียชีวิตจากเอดส์รวมกันมากกว่าสองแสนคนเมื่อนับถึงปี 2000 และจะเป็นจำนวนรวมประมาณ 340,000 คนเมื่อนับถึงปี 2014 การระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้ประชากรในภาคเหนือในปี 2000 ลดลงกว่าที่พึงเป็น 1.86% และลดลงถึง 3.0% ในปี 2014 อัตราเพิ่มประชากรจะเริ่มถูกกระทบจากการระบาดของ HIV/AIDS ตั้งแต่ปี 1991 โดยการระบาดของ HIV/AIDS จะทำให้อัตราเพิ่มประชากรลดลง 0.071% ต่อปีในปี 1991 และความแตกต่างของอัตราเพิ่มประชากรต่อปีจะเพิ่มเป็นประมาณ 0.22% ต่อปีในช่วงปี 1995-1998 และลดลงจนเป็น 0.10%

ต่อปีในปี 2005 และ 0.027% ต่อปีเมื่อถึงปี 2014 นอกจากนี้ การระบาดของ HIV/AIDS จะมีผลต่อจำนวนประชากรในกลุ่มอายุต่างกันอย่างไม่เท่าเทียมกัน ในช่วงประมาณปี 1994 การระบาดจะแสดงผลในประชากรกลุ่มอายุ 15-39 ปีเป็นหลัก แต่เมื่อเวลาผ่านไป จะกระทบต่อกลุ่มอายุที่น้อยกว่า และกลุ่มอายุสูงที่สูงขึ้นเนื่องจากการติดต่อของ HIV/AIDS จากมารดาสู่บุตร และการที่ผู้ที่อยู่ในกลุ่มอายุ 15-39 ปี มีอายุมากขึ้นตามเวลา ทั้งนี้ประชากรในวัยแรงงาน (15-59 ปี) จะลดลง 3.4% ในปี 2004 และ 4.4% ในปี 2014 สำหรับประชากรชาย และจะลดลง 2.2% ในปี 2004 และ 3.1% ในปี 2014 สำหรับประชากรหญิง ในส่วนของอัตราส่วนการเป็นภาระนั้น อัตราส่วนการเป็นภาระเพิ่มขึ้นจาก 0.006 ในปี 1994 เป็น 0.007 ในปี 2004 และ เป็น 0.012 ในปี 2014

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ในระดับประเทศกับในภาคเหนือ จะพบว่าผลกระทบที่มีต่อประชากรในรูปของสัดส่วน อัตราส่วน และอัตราต่างๆ ได้แก่ อัตราส่วนการเป็นภาระ สัดส่วนประชากรวัยแรงงานที่ลดลงทั้งชายและหญิง สัดส่วนประชากรที่ลดลง และอัตราเพิ่มประชากรต่อปีของภาคเหนือนั้น มีค่าเป็นประมาณเกือบสองเท่าของค่าสัดส่วน อัตราส่วน และอัตราต่างๆ ของทั้งประเทศ

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้ กับผลงานวิจัยอื่นที่คาดประมาณจำนวนผู้ติดเชื้อ จำนวนผู้ป่วยเอดส์และจำนวนตายจากโรคเอดส์ โดยเฉพาะงานวิจัย "Projections for HIV/AIDS in Thailand: 1987-2020" ของ The NESDB Working Group on HIV/AIDS Projection แล้ว จะพบว่า ผลการคาดประมาณของงานวิจัยนี้แตกต่างจากผลของงานวิจัย NESDB บ้าง เช่น ใน Baseline scenario ของงานวิจัยของ NESDB ประมาณจำนวนผู้ติดเชื้อ HIV ในปี 1995 เป็น 790,000 คน แต่งานวิจัยนี้ประมาณจำนวนผู้ติดเชื้อ HIV ในปีดังกล่าวเป็น 634,000 คน ซึ่งน้อยกว่าค่าประมาณของ NESDB และค่าประมาณจากงานวิจัยนี้จะลดลงเร็วกว่าสำหรับปีต่อๆ มา ในขณะที่จำนวนผู้ป่วยเอดส์สะสมในปี 1995 (=230,000 คน) สูงกว่าของ NESDB (=139,750 คน) แต่จะเข้ามาใกล้เคียงกันมากขึ้นในปี 2004 คือ ประมาณ 760,000 คนเทียบกับ 786,000 คนของ NESDB สำหรับจำนวนตายสะสมนั้น จะมีค่ามากกว่าในช่วงแรกแต่จะน้อยกว่าในช่วงหลัง กล่าวคือ จำนวนตายสะสมถึงปี 1995 เท่ากับ 224,000 คน เทียบกับ 117,000 คนของ NESDB และเป็น 551,000 คนในปี 2000 กับ ประมาณ 1 ล้านคนในปี 2014 เทียบกับ 444,300 คนในปี 2000 และ 1,613,000 คนในปี 2014 ของ NESDB อาจกล่าวได้ว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง แต่ค่อนข้างจะมีความสอดคล้องกันในบางส่วน อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ค่าประมาณทางระบาดวิทยาโดยอาศัยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้กับผลที่ได้จากงานวิจัยของ NESDB ไม่ได้แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง แต่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้มีข้อดีอีกประการหนึ่งคือ สามารถให้ค่าประมาณที่ตอบประเด็นข้อถามที่กำหนดในงานวิจัยได้ว่า การระบาดของ HIV/AIDS มีผลกระทบต่อประชากรมาก

น้อยเพียงไรในแต่ละคาบเวลา ทำให้สามารถนำไปพิจารณากำหนดนโยบายด้านประชากรต่อไปได้

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยที่นำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาใช้อธิบายการระบาดและการติดต่อของ HIV/AIDS ในคนกลุ่มต่างๆ ของประชากร โดยอาศัยข้อมูลทางประชากรและชีววิทยา รวมทั้งการคาดลักษณะเชิงพฤติกรรมของกลุ่มคน และใช้การตรวจสอบเชิงสถิติเพื่อสร้างความเชื่อมั่นในค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดในตัวแบบ แต่จากความจำกัดของข้อมูลที่มีอยู่ รวมทั้งลักษณะของตัวแบบ ทำให้งานวิจัยนี้อาจจะยังไม่ได้นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาโดยครบถ้วน เช่น ในกรณีของภาคเหนือซึ่งมีการย้ายถิ่นเป็นปัจจัยสำคัญด้านประชากรด้วยนั้น ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่สามารถนำปัจจัยดังกล่าวมาพิจารณาด้วย เนื่องจากเป็นตัวแบบที่มุ่งศึกษาถึงผลที่เกิดจากปัจจัยเชิงชีววิทยาและเชิงพฤติกรรมเป็นหลัก ดังนั้น หากจะนำการย้ายถิ่นเข้ามาพิจารณา ก็จะต้องทำการปรับตัวแบบอย่างมาก ประเด็นนี้ ผู้ที่สนใจจึงต้องทำการศึกษาต่อไป

สำหรับในส่วนของการกำหนดค่าพารามิเตอร์นั้น เมื่อมีข้อมูลที่ทันสมัยมากขึ้น หรือมีข้อมูลที่มีขอบข่ายครอบคลุมหรือความสมบูรณ์มากขึ้น ก็จะต้องทำการปรับค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบให้เหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป เช่น ระยะเวลาเฉลี่ยของการมีชีวิตหลังจากแสดงอาการเอดส์ที่กำหนดไว้ในงานวิจัยนี้เท่ากับ 7 เดือน หากมีข้อมูลใหม่ที่แสดงระยะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมด้วยสาเหตุใดๆ ก็ตาม เช่น จากการนำมาตรการป้องกันและการนำยาหรือวิธีการรักษาใหม่ๆ มาใช้ในการรักษาอาการเอดส์ ทำให้ระยะเวลามีชีวิตอยู่เพิ่มสูงขึ้น ก็ต้องปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมขึ้นด้วย

นอกจากข้อมูลด้านชีววิทยาแล้ว ข้อมูลที่ยังขาดแคลนอยู่มากคือข้อมูลด้านพฤติกรรม ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาที่สำคัญมากคือการกำหนดค่าพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม ถึงแม้ว่าจะมีการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมทางเพศในประเทศไทยจากงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องมาพิจารณา แต่งานวิจัยต่างๆ เหล่านั้นมักเป็นการศึกษาวิจัยเฉพาะกลุ่มคนบางกลุ่ม เช่น กลุ่มหญิงโสเภณี หรือกลุ่มเด็กวัยรุ่น เป็นต้น ในปัจจุบัน กองระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุขได้ทำการสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวกับพฤติกรรมทางเพศอยู่ โดยเฉพาะการสำรวจเรื่อง การเฝ้าระวังพฤติกรรมเสี่ยงต่อการติดเชื้อเอดส์ ซึ่งเริ่มทำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ใน 19 จังหวัด แต่ก็ยังมีลักษณะเจาะจงเฉพาะกลุ่มอยู่เช่นกัน กล่าวคือเก็บข้อมูลจากกลุ่มคนงานชาย-หญิง กลุ่มหญิงมีครรภ์ที่ฝากครรภ์ที่สถานผดุงครรภ์ของรัฐ กลุ่มทหารเกณฑ์ และกลุ่มนักเรียนมัธยมปลาย ดังนั้น จึงสมควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านนี้เพิ่มเติมให้มีขอบข่ายกว้างขวางและมีความสมบูรณ์มากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่

นอกจากนี้ หากจะพิจารณาในกระบวนการของงานวิจัยนี้ จะเห็นว่ามีกระบวนการที่ทำให้สามารถประมาณค่าดัชนีเชิงพฤติกรรมทางเพศบางตัวได้โดยอ้อม ซึ่งอาจมีประโยชน์ต่อการวิจัยอื่นต่อไป ทั้งนี้มีข้อควรระวังคือค่าประมาณที่ได้นั้นมาจากการตรวจสอบความเหมาะสมด้วยกระบวนการทางสถิติโดยพิจารณาเทียบกับชุดข้อมูลจริงที่มีอยู่เพียงสองชุดในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น ซึ่งอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ จึงควรมีการศึกษาวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อยืนยันความเหมาะสมของค่าที่ได้มาเหล่านั้นให้เกิดความมั่นใจในผลลัพธ์ยิ่งขึ้น

ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งที่สมควรกล่าวไว้ในที่นี้คือ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ กำหนดให้อัตราภาวะเจริญพันธ์และอัตราภาวะการตายมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาการประมาณค่า ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นที่ทำให้การหาผลลัพธ์จากตัวแบบไม่ยุ่งยากหรือสลับซับซ้อนจนเกินไป แต่ก็ต้องตระหนักว่า ลักษณะเช่นนี้อาจไม่ใช่สภาพที่เป็นจริงเสมอไป ในอนาคตจึงควรมีการปรับปรุงตัวแบบให้สามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์สองตัวนี้ได้เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริงมากขึ้น นอกจากนี้ ตัวแบบที่ใช้ได้นำผลกระทบของการใช้นโยบายควบคุมและป้องกันโรคเข้ามาในตัวแบบด้วยการลดค่าความน่าจะเป็นของการติดเชื้อและอัตราการเปลี่ยนคู่(ต่อปี) ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการแสดงผลกระทบของนโยบายการควบคุมและป้องกันโรค ประเด็นนี้จึงเป็นประเด็นที่สมควรมีการศึกษาเพิ่มเติม หรือพัฒนาตัวแบบให้สามารถแสดงผลกระทบของการควบคุมและป้องกันโรคได้ดีขึ้น

ในประเด็นสุดท้าย ผลกระทบของการระบาดของ HIV/AIDS ที่พิจารณาในงานวิจัยที่นำเสนอนี้ เป็นผลกระทบเฉพาะด้านประชากรในเชิงปริมาณ แต่ยังไม่ได้ขยายการพิจารณาไปครอบคลุมลักษณะทางด้านคุณภาพของประชากรทั้งในเชิงสังคมและเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากเช่นกัน ทั้งนี้ เนื่องจากการติดเชื้อ HIV/AIDS จะนำมาซึ่งปัญหาต่างๆ มากมาย ตั้งแต่ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา ประสิทธิภาพและคุณภาพการทำงานที่ลดลงของผู้ติดเชื้อ โดยเฉพาะเมื่อแสดงอาการเอดส์แล้ว การกำพร้าเนื่องจากบิดามารดาเสียชีวิตจากโรคเอดส์ การติดเชื้อในเด็กทารก เหล่านี้เป็นผลกระทบที่รุนแรงของการระบาดของ HIV/AIDS ที่ต้องมีการรวบรวมผลการศึกษาไว้เพื่อการพิจารณากำหนดข้อเสนอแนะเชิงนโยบายทั้งด้านสาธารณสุข และประชากร และสมควรมีการศึกษาวิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

การคาดประมาณประชากรของประเทศไทย 2523-2548 กองวางแผนทรัพยากรมนุษย์ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (มิถุนายน 2534)

การสำรวจการเปลี่ยนแปลงของประชากร พ.ศ. 2528-2529 สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี

Anderson, R. M. 1991a. **Mathematical models of the potential demographic impact of AIDS in Africa**. *AIDS* **5 (Suppl 1)**: S37-S44.

Anderson, R.M. 1991b. **The transmission dynamics of sexually transmitted diseases: the behavioural component**. In *Research issues in human behaviour and sexually transmitted diseases in the AIDS era*, edited by Wasserheit J.N. et al. Washington D.C.: American Society for Microbiology.

Anderson, R.M. 1992. **Some aspects of sexual behaviour and the potential demographic impact of AIDS in developing countries**. *Social Science and Medicine* **34 (3)**: 271-280.

Anderson, R.M., Blythe, S.P., Gupta, S. and Konings, E.. 1989. **The transmission dynamics of the human immunodeficiency virus type 1 in the male homosexual community in the United Kingdom: the influence of changes in sexual behaviour**. *Philosophical transactions of the Royal Society of London.* Series B (**325**): 45-98.

Anderson, R.M., Gupta, S. and Ng, W. 1990. **The significance of sexual partner contact networks for the transmission dynamics of HIV.** *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes* **3**: 417-429.

Anderson, R.M. and May, R.M.. 1991. *Infectious Diseases of Humans: Dynamics and Control*. Oxford: Oxford University Press.

Anderson, R.M., May, R.M., Boily, M-C., Garnett, G.P. and Rowley, J.T.. 1991. **The spread of HIV-1 in Africa: sexual contact patterns and predicted demographic impact of AIDS**. *Nature* **352**.

Anderson, R.M., May, R.M. and McLean, A.R.. 1988. **Possible demographic consequences of AIDS in developing countries**. *Nature* **332**: 228-234.

Anderson, R.M., May, R.M., Ng, T.W. and Rowley, J.T.. 1992. **Age-dependent choice of sexual partners and the transmission dynamics of HIV in sub-Saharan Africa**. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. Series B: 135-155.

Anderson, R.M., Ng, T.W., Boily, M-C and May, R.M.. 1989. **The influence of different sexual-contact patterns between age classes on the predicted demographic impact of AIDS in developing countries**. *Annals of the New York Academy of Sciences* **569**: 240-274.

Anonymous. 1995. **National HIV Sentinel Surveillance**. Bangkok: Ministry of Public Health.

Ard-am, O. and Sethaput, C. (eds.) 1994. **Child prostitution in Thailand: a documentary analysis and estimation of the number of child prostitutes**. Nakhonpathom: Institute for Population and Social Research, Mahidol University.

Auvert, B. et al. 1988. **Dynamics of HIV and AIDS infection in a central African city**. Institut national de la sante et de la recherche medicale. Paris, France.

Bongaarts, J. 1989. **A model of the spread of HIV infection and the demographic impact of AIDS**. *Statistics in Medicine*, **8(1)**:103-120.

Boonchalaksi, W., and Guest, P. 1994. **Prostitution in Thailand**. Nakhonpathom: Institute for Population and Social Research, Mahidol University.

Brown, T. et al. 1994. **Projections for the HIV/AIDS in Thailand: 1987-2020**. Technical Report, Human Resources Planning Division, National Economic and Social Development Board. Bangkok, Thailand.

Bulatao, R.A. and Bos, E.. 1988. **Implications of control measures for the spread of HIV infection**. In *Papers Presented at the Annual Meeting of the Population Association of America*. New Orleans, Lousiana, U.S.A.

Bulatao, R.A. and Bos, E.. 1992. **Projecting the demographic impact of AIDS**: World Bank.

Cha-yovan, N., Kamnuansilpa, P. and Knodel, J.. 1988. **Thailand Demographic and Health Survey 1987**, Institute of Population Studies, Chulalongkorn University and Institute for Resource Development/Westinghouse. Columbia, Maryland, U.S.A.

Chin, J. 1995. **Scenarios for the AIDS epidemic in Asia**. Technical Report 2, Asia-Pacific Population Research Reports, East-West Center, Hawaii, U.S.A.

Chin, J. and Lwanga, S. 1991. **Estimation and projection of adult AIDS cases: a simple epidemiological model**. *Bulletin of the World Health Organization*. **69(4)**: 399-406.

Chin, J. and Mann, J. 1989. **Global surveillance and forecasting of AIDS**. *Bulletin of the World Health Organization* **67 (1)**: 1-7.

Coale A. J. and Demeny, P. 1966. **Regional Model Life Tables and Stable Populations**. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, U.S.A.

Conner, E.M., Sperling, M.S., Gelber, R. et al. 1994. **Reduction of maternal-infant transmission of human immunodeficiency virus type-1 with zidovidine treatment**. Pediatric AIDS clinical trials group protocol 076 study group. *N Eng. J Med*. **331**: 1173-1180.

Duerr, A., Xia, Z., Nagachinta, T., Tovanabutra, S., Tansuhai, A. and Nelson, K. 1994. **Probability of male to female transmission among married couples from Chiangmai**. Xth International Conference on AIDS. Yokohama, Japan.[abstract 105c]

Garnett, G.P. and Anderson, R.M. 1993a. **Factors controlling the spread of HIV in heterosexual communities in developing countries: patterns of mixing between different age and sexual activity classes.** *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* Series B (**342**): 137-159.

Garnett, G.P. and Anderson, R.M. 1993b. **No reason for complacency about the potential demographic impact of AIDS in Africa.** *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* **87** (Supplement 1): 19-22.

Garnett, G.P. and Anderson, R.M. 1994. **Balancing sexual partnerships in an age and activity stratified models of HIV transmission in heterosexual populations**. *IMA Journal of Mathematics Applied in Medicine and Biology* **11**: 161-192.

Giesecke, J., Scalia-Tomba, G., Gothberg, M. and Tull, P. 1992. **Sexual behaviour related to the spread of sexually transmitted diseases- a population based survey**. *Int. J. STD AIDS* **3**: 255-260.

Gregson, S., Garnett, G.P. and Anderson, R.M. 1994a. **Assessing the potential impact of the HIV-1 epidemic on orphanhood and the demographic structure of populations in sub-Saharan Africa**. *Population Studies* **48**: 435-458.

Gregson, S., Garnett, G.P. and Anderson, R.M. 1994b. **Is HIV-1 likely to become a leading cause of adult mortality in sub-Saharan Africa?** *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes* **7**: 839-852.

Gregson, S., Garnett, G.P. and Anderson, R.M. 1996. **The Demographic Impact of Infectious Diseases.** In Anderson, R.M. (ed.) *Population Dynamics of Infectious Disease.* Oxford University Press, Oxford, United Kingdom. (In press).

Gregson, S., Garnett, G.P.,Shakespeare, R., Foster, G. and Anderson, R.M. 1994. **Determinants of the demographic impact of HIV-1 in sub-Saharan Africa: the effect of a shorter mean adult incubation period on trends in orphanhood.** *Health Transition Review* **4** (Supplement): 65-92.

Guest, P. and Jones, G.W. 1996. **Policy options when populations growth slows: the case of Thailand**. *Pop Res. and Pol. Rev.* **15**: 109-130.

Gupta, S., Anderson, R.M. and May, R.M. 1989. **Networks of sexual contacts: implications for the pattern of spread of HIV**. *AIDS* **3**: 807-817.

Hantrakul, S. 1983. **Prostitution in Thailand.** Paper presented at the Women in Asia Workshop. Monash University, Melbourne, Australia.

Hogsborg, M. and Aaby, P.. 1992. **Sexual relations , use of condom and perceptions of AIDS in an urban area of Guinea-Bissau with a high prevalence of HIV-2**. In *Anthropological and socio-cultural studies in the transmission of HIV* (ed. T. Dyson,) p. 29-36. Liege: Ordina Publications.

John, A. 1988. **A model of HIV-1 transmission dynamics and the demographic impact of HIV-1 infection in developing countries**. Stanford University Food Research Institute.

Johnson, A.M., Wadworth, J., Wellings, K., Bradshaw, S. and Field, J. 1992. **Sexual lifestyles and HIV risk**. *Nature*.**360**: 410-412.

Kitayaporn, D., Tansuphaswadikul, S., Lohsomboon, P. et al. 1996. **Survival of AIDS patients in the emerging epidemic in Bangkok, Thailand**. *J AIDS*. **11**: 77-82.

Mastro, T.D., de Vincenzi, I. 1996. **Probabilities of sexual HIV-1 transmission**. *AIDS*. **10 (suppl. A)**: S75-S82.

Mastro, T.D., Satten, G.A., Nopkesorn, T., Sangkharomya, S. and Longini, I.M. 1994. **Probability of female-to-male transmission of HIV-1 in Thailand**. *Lancet*. **343**: 204-207.

Nelson, K.E., Celentano, C.D. Eiumtrakol, S. et al. 1996. **Changes in sexual behaviour and a decline in HIV infection among young men in Thailand.** *New England Journal of Medicine*. **335**: 297-303.

Palloni, A. and Iamas, L. 1991. **A duration-dependent model of the spread of HIV/AIDS in Africa**. In *Proceedings of the United Nations/WHO Workshop on Modeling the Demographic Impact of the AIDS Epidemic in Pattern II countries*. New York, U.S.A.

Peterman, T.A., Stoneburger, R.L., Allen, J.R., Jaffe, H.W. and Curran, J.W. 1988. **Risk of HIV transmission from heterosexual adults with transmission associated infections**. *JAMA* 259: 55-58.

Podhisita, C. and Pattaravanich, U. 1995. **Youth in Thailand: Their family relation, education, work and risk behaviour**. In *Proceedings of the 26th summer seminar on population and development in Thailand.* Institute of Population Studies, Chulalongkorn University. Bangkok, Thailand.

Robinson, J. et al. 1996. **Two million HIV infections prevented in Thailand: estimate of the impact of increased condom use**. In *Proceedings of the XI International Conference on AIDS*, Vancouver, Canada.

Rowley, J., Anderson, R.M. and Ng, T.N. 1990. **Reducing the spread of HIV infection in sub-Saharan Africa: some demographic and economic implications**. *AIDS* **4**: 47-56.

Shaffer, N., Bhiraleus, P. Chinayon, P. et al. 1996. **High viral load predicts perinatal HIV-1 transmission**. In *Proceeding of the* XI International conference on AIDS. Vancouver, Canada.[abstract TuC343]

Sittitrai, W., Brown, T., Obremskey, S., Way, P. and Seitz, S. 1992. **Projections of HIV/AIDS in Thailand and social and demographic impacts.** In *Papers Presented at the Workshop on Population Policies: New Directions*., Chiangmai, Thailand.

Sittitrai, W., Phanuphak, P., Barry, J. and Brown, T. 1992. **Thai sexual behaviour and risk of HIV infection**. Institute of Population Studies, Chulalongkorn University. Bangkok, Thailand.

Stanley, E. et al. 1991. **The IWG model for the heterosexual spread of HIV and the demographic impact of the AIDS epidemic**. In *Proceedings of the United Nations/WHO Workshop on Modeling the demographic impact of the AIDS epidemic in Pattern II countries*. New York, U.S.A.

Surasiengsunk, S. 1995. **HIV/AIDS Modeling in Thailand: Insurance risk**. Unpublished Ph.D. thesis. University of Waterloo. Canada.

van griensven GJP, Limanonda, B., Chongwatana, N., Tirasawat, P. and Coutinho, R.A. **Socio-economic and demographic characteristics and HIV-1 infection among female commercial sex workers in Thailand**. *AIDS Care*, 7: 557-565.

Warr, P.G. (ed.) 1993. **The Thai Economy in Transition**. Cambridge: Cambridge University Press.

Weniger, B.G., Limpakarnjanarat, K., Ungchusak, K. et al. **The epidemiology of HIV in Thailand**. *AIDS* 1991, **5(suppl 2)**: S71-S85.

Wongboonsin, K. and Prachuabmoh Ruffolo, V. 1993. **The future of Thailand population policy: potential directions**. *Asia-Pacific Population Journal*. **8**: 3-18.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 1 ความหมายของพารามิเตอร์และตัวแปรที่ใช้ในตัวแบบ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
subscripts		
i,j	กลุ่มอายุ	
l,m	กลุ่มระดับกิจกรรมทางเพศ	
k	เพศ	
s	สถานภาพการติดเชื้อ	
ตัวแปร		
$X_{kl}(a,t)$	จำนวนผู้มีโอกาสเสี่ยง	
$Y_{skl}(a,t)$	จำนวนผู้ติดเชื้อ	
$A_{kl}(a,t)$	จำนวนผู้ป่วยโรคเอดส์	
$N_{kl}(a,t)$	จำนวนประชากร	
พารามิเตอร์ด้านชีววิทยา		
$\lambda_{kli}(t)$	อัตราการติดเชื้อของผู้มีโอกาสเสี่ยง	อัตราต่อคนต่อปี
$\gamma_s(a)$	อัตราการเปลี่ยนสถานภาพการติดเชื้อ	อัตราต่อคนต่อปี
$\alpha(a)$	อัตราตายสำหรับผู้ป่วยเอดส์	อัตราต่อคนต่อปี
β_{sk}	ความน่าจะเป็นของการติดเชื้อ	ต่อคู่
φ_s	ความน่าจะเป็นของการติดต่อจากมารดาสู่บุตร	ต่อการเกิด
พารามิเตอร์ด้านพฤติกรรม		
c^*_{klmij}	อัตราการเปลี่ยนคู่	ต่อปี
ρ_{kjlm}	ความน่าจะเป็นของการจับคู่	
พารามิเตอร์ด้านประชากร		
$\mu_k(a)$	อัตราตาย	ต่อคนต่อปี
θ_l	อัตราเจริญพันธ์	ต่อหญิงต่อปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 2. Population by gender and age group, 1985

Age group (years)	Male	Female
0-1	526,065	486,845
1-4	2,191,852	2,073,785
5-9	3,145,270	2,900,784
10-14	3,330,548	3,112,522
15-19	3,010,461	2,888,043
20-24	2,407,581	2,503,630
25-29	2,231,884	2,282,840
30-34	1,888,188	1,891,721
35-39	1,522,253	1,530,276
40-44	1,202,679	1,218,956
45-49	1,133,563	1,177,045
50-54	967,446	1,014,931
55-59	767,798	829,179
60-64	553,780	615,933
65-69	401,862	435,210
70-74	277,489	338,646
75-79	168,170	219,114
>=80	127,111	206,540
	25,854,000	25,726,000

Table 3. Age-specific fertility and mortality rates, 1985

Age group (years)	Mortality rate (per capita per year)		Fertility rate (per woman per year)
	Male	Female	
0-1	0.05430	0.04440	
1-4	0.00220	0.00130	
5-9	0.00130	0.00130	
10-14	0.00070	0.00110	
15-19	0.00150	0.00150	0.0560
20-24	0.00190	0.00160	0.1240
25-29	0.00340	0.00170	0.1310
30-34	0.00350	0.00190	0.0700
35-39	0.00390	0.00230	0.4100
40-44	0.00500	0.00340	0.0170
45-49	0.00740	0.00430	0.0040
50-54	0.01040	0.00740	
55-59	0.01650	0.01420	
60-64	0.02870	0.01880	
65-69	0.03955	0.02721	
70-74	0.06183	0.04626	
75-79	0.09687	0.07789	
>=80	0.19402	0.16945	
			2.21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 4. Biological parameters

1.Transmission probability (per partnership)		
from men to women		0.2
from women to men		0.1
2. Perinatal transmission probability (per birth)		0.24
3. Rate of transition between infection stages (per capita per year)		
for age < 15 years	(s = 1,2,3)	0.75
for age >= 15 years	(s = 1)	2
	(s = 2)	0.13
	(s = 3)	2
4. AIDS associated death rate (per capita per year)		
age < 15 years and age >= 15 years		1.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 5. Proportion of adults by age group and sexual activity class (standard)

Male

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	0.053	0.032	0.112	0.803
20-24	0.128	0.058	0.169	0.645
25-29	0.107	0.065	0.075	0.753
30-34	0.036	0.035	0.071	0.858
35-39	0.036	0.035	0.071	0.858
40-44	0.037	0.010	0.061	0.892
45-49	0.037	0.010	0.061	0.892

Female

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	0.028	0.001	0.030	0.941
20-24	0.036	0.001	0.030	0.933
25-29	0.018	0.001	0.010	0.961
30-34	0.001	0.001	0.010	0.988
35-39	0.001	0.001	0.010	0.988
40-44	0.001	0.001	0.010	0.988
45-49	0.001	0.001	0.010	0.988

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 6. Mean rate of sexual partner change (per year)

Male

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	25.00	12.00	3.00	1.00
20-24	25.00	12.00	3.00	1.00
25-29	16.00	6.00	3.00	0.50
30-34	16.00	6.00	3.00	0.50
35-39	16.00	8.00	3.00	0.50
40-44	16.00	8.00	3.00	1.00
45-49	16.00	8.00	3.00	1.00

Female

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	300.00	0.10	0.10	0.05
20-24	300.00	0.10	0.10	0.05
25-29	100.00	0.10	0.10	0.02
30-34	50.00	0.10	0.10	0.02
35-39	50.00	0.10	0.10	0.02
40-44	0.10	0.10	0.10	0.02
45-49	0.10	0.10	0.10	0.02

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 7. HIV prevalence rate (%) of male age 20-21 and female 15-49, 1985-2014 (standard)

Year	Male 20-21	Female 15-49	Military	ANC
1985	0.00274	0.00091		
1986	0.07751	0.02291		
1987	1.89700	0.52743		
1988	8.39783	1.70568		
1989	12.22013	2.02100	0.50	0.33236
1990	14.53827	2.14124	1.80	0.47543
1991	16.06652	2.20085	2.90	1.03901
1992	16.74773	2.24213	3.50	1.36964
1993	16.58891	2.27666	3.40	1.83220
1994	16.23594	2.30635	2.90	2.04054
1995	15.96804	2.33359	2.40	2.56648
1996	15.78266	2.35519		
1997	15.65027	2.37089		
1998	15.56692	2.38093		
1999	15.55674	2.38560		
2000	15.51524	2.38825		
2001	15.52375	2.38777		
2002	15.54590	2.38425		
2003	15.57762	2.37785		
2004	15.64403	2.36871		
2005	15.64081	2.35368		
2006	15.65269	2.33802		
2007	15.64248	2.32239		
2008	15.61396	2.30723		
2009	15.57698	2.29289		
2010	15.54026	2.27163		
2011	15.51277	2.25177		
2012	15.49685	2.23458		
2013	15.49011	2.22004		
2014	15.49270	2.20780		

Table 8. Proportion of adults by age group and sexual activity class

Male

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	0.040	0.032	0.112	0.816
20-24	0.096	0.058	0.169	0.677
25-29	0.080	0.065	0.075	0.780
30-34	0.027	0.035	0.071	0.867
35-39	0.027	0.035	0.071	0.867
40-44	0.028	0.010	0.061	0.901
45-49	0.028	0.010	0.061	0.901

Female

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	0.028	0.001	0.030	0.941
20-24	0.036	0.001	0.030	0.933
25-29	0.018	0.001	0.010	0.961
30-34	0.001	0.001	0.010	0.988
35-39	0.001	0.001	0.010	0.988
40-44	0.001	0.001	0.010	0.988
45-49	0.001	0.001	0.010	0.988

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 9. Mean rate of sexual partner change (per year)

Male

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	12.50	9.00	3.00	1.00
20-24	12.50	4.50	3.00	1.00
25-29	8.00	4.50	3.00	0.50
30-34	8.00	6.00	3.00	0.50
35-39	8.00	6.00	3.00	0.50
40-44	8.00	6.00	3.00	1.00
45-49	8.00	5.00	3.00	1.00

Female

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	130.00	0.10	0.10	0.05
20-24	130.00	0.10	0.10	0.05
25-29	48.00	0.10	0.10	0.02
30-34	23.00	0.10	0.10	0.02
35-39	23.00	0.10	0.10	0.02
40-44	0.10	0.10	0.10	0.02
45-49	0.10	0.10	0.10	0.02

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 10. HIV prevalence rate (%) of male age 20-21 and female 15-49, 1985-2014

Year	Male 20-21	Female 15-49	Military	ANC
1985	0.00056	0.00028		
1986	0.00149	0.00086		
1987	0.00931	0.00440		
1988	0.05831	0.02620		
1989	0.33773	0.14779	0.50	0.33236
1990	1.38048	0.58911	1.80	0.47543
1991	2.68031	1.10849	2.90	1.03901
1992	3.26879	1.33763	3.50	1.36964
1993	3.36687	1.41508	3.40	1.83220
1994	3.25432	1.42201	2.90	2.04054
1995	3.10291	1.39602	2.40	2.56648
1996	2.97504	1.34319		
1997	2.84061	1.27351		
1998	2.65174	1.19243		
1999	2.39448	1.10344		
2000	2.04341	1.01255		
2001	1.63483	0.91756		
2002	1.19914	0.82200		
2003	0.79077	0.72944		
2004	0.46885	0.64222		
2005	0.23525	0.56298		
2006	0.10531	0.49215		
2007	0.04070	0.42878		
2008	0.01417	0.37221		
2009	0.00521	0.32183		
2010	0.00232	0.27300		
2011	0.00116	0.22997		
2012	0.00064	0.19297		
2013	0.00040	0.16151		
2014	0.00027	0.13494		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 11. Number of HIV infections, 1985-2014

Year	Male	Female	Total
1985	55	43	98
1986	170	142	312
1987	843	761	1,605
1988	4,908	4,647	9,555
1989	27,301	26,472	53,773
1990	111,887	102,463	214,350
1991	232,485	186,339	418,824
1992	312,711	226,627	539,337
1993	357,310	244,271	601,581
1994	378,539	250,544	629,083
1995	384,327	249,259	633,586
1996	379,545	242,694	622,239
1997	367,069	232,649	599,718
1998	348,838	220,079	568,917
1999	326,332	205,545	531,876
2000	300,773	189,424	490,197
2001	273,553	172,404	445,957
2002	245,979	155,264	401,243
2003	219,107	138,627	357,734
2004	193,702	122,889	316,590
2005	170,560	108,515	279,074
2006	149,959	95,682	245,641
2007	131,696	84,266	215,962
2008	115,542	74,131	189,673
2009	101,279	65,150	166,429
2010	88,695	57,195	145,890
2011	77,613	50,162	127,775
2012	67,867	43,955	111,823
2013	59,305	38,489	97,794
2014	51,791	33,681	85,472

Table 12. Cumulative HIV, Cumulative AIDS and Number of deaths due to AIDS, 1985-2014

Year	Cum. HIV	Cum. AIDS	Number of deaths due to AIDS		
			Male	Female	Total
1985	48	2	1	1	2
1986	267	10	4	3	7
1987	1,575	35	12	10	23
1988	9,591	157	58	53	111
1989	54,180	874	332	314	646
1990	216,800	4,817	1,811	1,744	3,555
1991	430,400	20,400	7,338	6,738	14,076
1992	575,600	55,600	17,540	14,630	32,170
1993	680,800	107,400	27,682	21,071	48,753
1994	765,000	169,100	34,797	24,777	59,575
1995	834,200	235,700	38,883	26,542	65,426
1996	891,600	304,200	40,757	27,126	67,883
1997	938,900	372,400	41,100	26,925	68,025
1998	977,000	438,800	40,370	26,176	66,546
1999	1,007,000	502,300	38,852	25,045	63,897
2000	1,028,000	562,100	36,750	23,626	60,376
2001	1,044,000	617,600	34,222	21,992	56,213
2002	1,054,000	668,500	31,421	20,206	51,627
2003	1,060,000	714,500	28,488	18,350	46,838
2004	1,064,000	755,700	25,554	16,501	42,055
2005	1,067,000	792,300	22,724	14,716	37,441
2006	1,069,000	824,500	20,083	13,048	33,131
2007	1,071,000	852,900	17,685	11,527	29,211
2008	1,073,000	877,800	15,540	10,159	25,699
2009	1,074,000	899,700	13,637	8,940	22,577
2010	1,075,000	918,900	11,950	7,855	19,805
2011	1,076,000	935,700	10,461	6,889	17,349
2012	1,077,000	950,400	9,143	6,034	15,176
2013	1,078,000	963,300	7,985	5,276	13,261
2014	1,078,000	974,500	6,966	4,608	11,574

Table 13. Population with and without AIDS, 1985-2014

Year	With AIDS	Without AIDS
1985	53,208,500	53,208,504
1986	53,842,012	53,842,040
1987	54,498,540	54,498,548
1988	55,177,316	55,177,352
1989	55,878,344	55,878,768
1990	56,608,548	56,610,880
1991	57,340,540	57,351,688
1992	58,065,500	58,101,856
1993	58,779,788	58,861,584
1994	59,497,644	59,640,460
1995	60,194,272	60,408,492
1996	60,878,160	61,169,496
1997	61,552,464	61,924,040
1998	62,219,952	62,672,716
1999	62,893,080	63,426,348
2000	63,541,624	64,152,808
2001	64,171,752	64,857,556
2002	64,786,148	65,542,348
2003	65,386,708	66,208,380
2004	65,983,044	66,865,040
2005	66,548,836	67,485,872
2006	67,097,052	68,083,912
2007	67,629,728	68,661,424
2008	68,148,848	69,220,624
2009	68,660,104	69,767,304
2010	69,146,880	70,285,392
2011	69,623,224	70,789,112
2012	70,090,112	71,280,248
2013	70,548,856	71,760,152
2014	71,016,832	72,246,888

Table 14. Population growth rate per capita per year, 1985-2014

Year	With AIDS	Without AIDS
1985	0.01247	0.01247
1986	0.01276	0.01276
1987	0.01302	0.01302
1988	0.01325	0.01326
1989	0.01346	0.01347
1990	0.01339	0.01346
1991	0.01318	0.01344
1992	0.01284	0.01343
1993	0.01253	0.01342
1994	0.01233	0.01342
1995	0.01195	0.01314
1996	0.01163	0.01287
1997	0.01137	0.01261
1998	0.01116	0.01237
1999	0.01097	0.01213
2000	0.01057	0.01166
2001	0.01020	0.01121
2002	0.00987	0.01080
2003	0.00958	0.01042
2004	0.00931	0.01006
2005	0.00896	0.00961
2006	0.00864	0.00921
2007	0.00836	0.00885
2008	0.00811	0.00853
2009	0.00788	0.00824
2010	0.00766	0.00796
2011	0.00747	0.00771
2012	0.00729	0.00749
2013	0.00714	0.00729
2014	0.00700	0.00713

Table 15. Dependency ratio, 1985-2014

Year	With AIDS	Without AIDS
1985	0.61741	0.61741
1986	0.59434	0.59434
1987	0.57325	0.57325
1988	0.55396	0.55396
1989	0.54229	0.54225
1990	0.53213	0.53199
1991	0.52301	0.52249
1992	0.51493	0.51371
1993	0.50759	0.50561
1994	0.50800	0.50533
1995	0.50848	0.50524
1996	0.50877	0.50509
1997	0.50891	0.50490
1998	0.50930	0.50506
1999	0.51358	0.50915
2000	0.51667	0.51216
2001	0.51840	0.51388
2002	0.51883	0.51440
2003	0.51807	0.51378
2004	0.51970	0.51553
2005	0.52029	0.51620
2006	0.51991	0.51587
2007	0.51865	0.51461
2008	0.51660	0.51250
2009	0.51784	0.51355
2010	0.51858	0.51406
2011	0.51903	0.51422
2012	0.51922	0.51409
2013	0.51917	0.51370
2014	0.52258	0.51676

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 16. Population by age group with and without AIDS Epidemic, 1994

Age groups	Male		Female	
	With AIDS	Without AIDS	With AIDS	Without AIDS
0-1	594,410	597,490	597,080	600,180
1-4	2,224,570	2,228,790	2,248,940	2,253,200
5-9	2,520,750	2,520,880	2,552,910	2,553,040
10-14	2,762,180	2,762,180	2,606,900	2,606,900
15-19	3,157,220	3,165,310	2,906,440	2,913,440
20-24	3,313,450	3,339,850	3,099,290	3,120,570
25-29	2,971,930	2,995,590	2,870,400	2,890,530
30-34	2,364,230	2,374,890	2,495,530	2,502,660
35-39	2,188,460	2,190,280	2,276,190	2,276,810
40-44	1,843,290	1,843,700	1,876,780	1,876,800
45-49	1,490,930	1,491,240	1,529,770	1,529,780
50-54	1,134,050	1,134,210	1,180,960	1,180,960
55-59	1,031,040	1,031,040	1,101,340	1,101,340
60-64	821,920	821,920	900,580	900,580
65-69	588,620	588,620	692,520	692,520
70-74	369,615	369,615	465,334	465,334
75-79	214,896	214,896	271,285	271,285
>=80	94,701	94,701	139,407	139,407

Table 17. Population by age group with and without AIDS Epidemic, 2004

Age groups	Male		Female	
	With AIDS	Without AIDS	With AIDS	Without AIDS
0-1	585,850	595,360	588,500	598,040
1-4	2,310,680	2,348,390	2,336,040	2,374,170
5-9	2,888,300	2,928,210	2,925,130	2,965,570
10-14	2,758,690	2,773,700	2,791,080	2,806,260
15-19	2,493,830	2,494,550	2,520,500	2,521,330
20-24	2,700,790	2,723,650	2,547,980	2,569,950
25-29	3,013,900	3,097,000	2,809,410	2,867,180
30-34	3,135,240	3,239,340	2,998,470	3,067,180
35-39	2,803,310	2,890,350	2,771,910	2,834,650
40-44	2,198,120	2,279,940	2,391,860	2,441,350
45-49	2,087,300	2,107,730	2,228,310	2,237,290
50-54	1,706,210	1,709,370	1,787,450	1,787,730
55-59	1,310,550	1,312,470	1,384,330	1,384,460
60-64	946,540	947,120	1,030,070	1,030,110
65-69	776,730	776,730	903,960	903,960
70-74	538,768	538,768	668,510	668,510
75-79	308,995	308,995	423,991	423,991
>=80	123,706	123,706	187,991	187,991

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 18. Population by age group with and without AIDS Epidemic, 2014

Age groups	Male		Female	
	With AIDS	Without AIDS	With AIDS	Without AIDS
0-1	571,680	577,730	574,250	580,340
1-4	2,210,530	2,236,920	2,234,780	2,261,470
5-9	2,767,300	2,811,370	2,802,590	2,847,250
10-14	2,838,710	2,889,860	2,871,980	2,923,730
15-19	2,856,630	2,897,590	2,887,300	2,928,690
20-24	2,720,180	2,735,120	2,751,420	2,766,540
25-29	2,437,820	2,440,940	2,477,740	2,481,310
30-34	2,597,330	2,641,670	2,484,620	2,525,980
35-39	2,880,220	2,988,180	2,738,610	2,811,740
40-44	2,987,300	3,109,830	2,911,970	2,992,030
45-49	2,681,210	2,783,240	2,712,280	2,785,010
50-54	2,010,250	2,113,850	2,262,700	2,325,490
55-59	1,831,240	1,856,640	2,013,780	2,025,350
60-64	1,423,810	1,427,420	1,559,010	1,559,370
65-69	986,860	988,730	1,136,190	1,136,330
70-74	620,390	620,860	764,630	764,660
75-79	407,738	407,741	553,428	553,428
>=80	180,320	180,320	270,070	270,070

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 19. Regional HIV seroprevalence in military conscripts

Region	Nov-89	May-90	Nov-90	May-91	Nov-91	May-92	Nov-92	May-93	Nov-93	May-94	Nov-94	May-95	Nov-95
Bangkok	0.20	1.30	1.10	3.70	2.00	4.00	2.70	3.70	2.50	3.79	2.01	3.18	2.20
Central*	0.40	1.30	1.20	2.70	2.10	3.40	2.50	3.80	2.30	3.22	2.09	2.79	2.10
North	1.40	5.20	7.00	5.90	7.10	7.10	7.90	7.50	7.00	5.20	5.04	3.17	3.60
Northeast	0.40	0.80	1.00	1.70	2.00	2.30	2.50	2.20	2.60	2.69	2.71	1.35	1.90
South	0.90	1.60	2.60	1.30	3.20	1.50	4.10	2.30	4.10	1.54	3.08	1.87	3.30
Total	0.50	1.60	2.10	2.90	3.00	3.60	3.50	3.96	3.30	3.37	2.73	2.52	2.30

Source: AFRIM, Thailand

Note: * Central include Bangkok

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 20. Population by gender and age group, North, 1985

Age group (years)	Male	Female
0-1	92,208	83,054
1-4	392,654	353,256
5-9	547,091	517,637
10-14	599,434	544,485
15-19	585,821	556,574
20-24	489,724	519,364
25-29	505,605	500,210
30-34	415,666	407,108
35-39	308,225	297,677
40-44	234,004	226,555
45-49	233,518	228,596
50-54	232,708	229,224
55-59	174,207	188,089
60-64	125,429	128,428
65-69	87,509	92,318
70-74	52,667	67,825
75-79	31,114	41,292
>=80	26,415	38,309
	5,134,000	5,020,000

Table 21. Age-specific fertility and mortality rates, North, 1985

Age group (years)	Mortality rate (per capita per year)		Fertility rate (per woman per year)
	Male	Female	
0-1	0.06567	0.04651	
1-4	0.00387	0.00257	
5-9	0.00116	0.00820	
10-14	0.00145	0.00099	
15-19	0.00220	0.00146	0.0659
20-24	0.00265	0.00187	0.1474
25-29	0.00288	0.00221	0.1184
30-34	0.00343	0.00268	0.0562
35-39	0.00449	0.00339	0.0367
40-44	0.00635	0.00457	0.0087
45-49	0.00938	0.00652	0.0007
50-54	0.01413	0.00952	
55-59	0.02145	0.01448	
60-64	0.03260	0.02306	
65-69	0.04984	0.03776	
70-74	0.07843	0.06353	
75-79	0.12015	0.10108	
>=80	0.19402	0.17566	

2.17

Table 22. Biological parameters, North

1.Transmission probability (per partnership)		
from men to women		0.17
from women to men		0.1
2. Perinatal transmission probability (per birth)		0.24
3. Rate of transition between infection stages (per capita per year)		
for age < 15 years	(s = 1,2,3)	0.75
for age >= 15 years	(s = 1)	2
	(s = 2)	0.13
	(s = 3)	2
4. AIDS associated death rate (per capita per year)		
age < 15 years and age >= 15 years		1.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 23. Proportion of adults by age group and sexual activity class, North

Male

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	0.091	0.222	0.149	0.537
20-24	0.141	0.210	0.200	0.449
25-29	0.130	0.244	0.111	0.515
30-34	0.070	0.249	0.111	0.571
35-39	0.070	0.249	0.111	0.571
40-44	0.070	0.235	0.102	0.592
45-49	0.070	0.235	0.102	0.592

Female

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	0.060	0.011	0.020	0.909
20-24	0.070	0.009	0.020	0.901
25-29	0.050	0.006	0.005	0.939
30-34	0.005	0.002	0.010	0.984
35-39	0.005	0.002	0.010	0.984
40-44	0.000	0.002	0.010	0.988
45-49	0.000	0.002	0.010	0.988

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 24. Mean rate of sexual partner change (per year), North

Male

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	14.00	10.00	3.00	1.00
20-24	14.00	10.00	3.00	1.00
25-29	11.00	4.50	3.00	0.50
30-34	11.00	4.50	3.00	0.50
35-39	11.00	6.00	3.00	0.50
40-44	11.00	6.00	3.00	1.00
45-49	11.00	6.00	3.00	1.00

Female

Age groups	class 1	class 2	class 3	class 4
15-19	110.00	0.10	0.10	0.05
20-24	110.00	0.10	0.10	0.05
25-29	43.00	0.10	0.10	0.02
30-34	23.00	0.10	0.10	0.02
35-39	23.00	0.10	0.10	0.02
40-44	0.10	0.10	0.10	0.02
45-49	0.10	0.10	0.10	0.02

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 25. HIV prevalence rate (%) of male age 20-21 and female 15-49, North

Year	Male 20-21	Female 15-49	Military	ANC
1985	0.00293	0.00138		
1986	0.00732	0.00397		
1987	0.04059	0.01766		
1988	0.22069	0.09071		
1989	1.08454	0.43628	1.41	0.31646
1990	3.69675	1.44478	6.07	1.06640
1991	6.30342	2.40613	6.48	1.97410
1992	7.31818	2.75556	7.49	2.83802
1993	7.35778	2.77170	7.21	3.01930
1994	6.83571	2.60337	5.13	3.01381
1995	5.82984	2.38564	3.38	2.67593
1996	4.38114	2.17244		
1997	2.87961	1.97277		
1998	1.78032	1.79349		
1999	1.18927	1.63650		
2000	0.84397	1.49782		
2001	0.61584	1.37086		
2002	0.45373	1.25295		
2003	0.34445	1.14387		
2004	0.26602	1.04333		
2005	0.21205	0.94900		
2006	0.17169	0.86241		
2007	0.14067	0.78273		
2008	0.11629	0.70967		
2009	0.09688	0.64297		
2010	0.08106	0.57879		
2011	0.06807	0.51910		
2012	0.05745	0.46393		
2013	0.04871	0.41395		
2014	0.04150	0.36953		

Table 26. Number of HIV infections, North, 1985-2014

Year	Male	Female	Total
1985	56	43	99
1986	165	130	294
1987	720	601	1,321
1988	3,689	3,156	6,845
1989	17,992	15,214	33,206
1990	63,227	48,885	112,113
1991	115,886	79,062	194,948
1992	143,266	91,161	234,427
1993	150,784	93,044	243,828
1994	145,463	88,845	234,308
1995	135,333	82,344	217,678
1996	124,834	75,670	200,504
1997	114,695	69,256	183,950
1998	105,213	63,381	168,593
1999	96,459	58,117	154,576
2000	88,370	53,327	141,696
2001	80,893	48,895	129,788
2002	73,962	44,780	118,741
2003	67,522	40,977	108,499
2004	61,533	37,477	99,009
2005	55,975	34,247	90,223
2006	50,860	31,278	82,138
2007	46,178	28,559	74,737
2008	41,904	26,083	67,987
2009	38,002	23,837	61,839
2010	34,442	21,790	56,231
2011	31,198	19,917	51,116
2012	28,252	18,206	46,458
2013	25,577	16,651	42,227
2014	23,145	15,241	38,386

Table 27. Cumulative HIV, Cumulative AIDS and Number of deaths due to AIDS, North, 1985-2014

Year	Cum. HIV	Cum. AIDS	Number of deaths due to AIDS		
			Male	Female	Total
1985	50	2	1	1	2
1986	250	10	4	3	7
1987	1,292	33	12	10	22
1988	6,874	135	50	42	92
1989	33,520	649	250	214	464
1990	113,800	3,089	1,196	1,008	2,204
1991	201,800	11,430	4,232	3,318	7,550
1992	253,800	28,350	9,074	6,469	15,543
1993	283,100	51,490	13,172	8,741	21,913
1994	298,200	77,260	15,329	9,755	25,083
1995	307,800	103,100	15,758	9,846	25,604
1996	316,400	127,500	15,158	9,414	24,573
1997	324,200	150,200	14,168	8,785	22,952
1998	331,400	171,200	13,097	8,108	21,204
1999	338,300	190,400	12,049	7,449	19,498
2000	344,600	208,000	11,060	6,835	17,895
2001	350,400	224,200	10,138	6,270	16,408
2002	355,400	239,000	9,280	5,747	15,027
2003	359,900	252,500	8,484	5,260	13,744
2004	363,900	264,900	7,742	4,808	12,550
2005	367,300	276,100	7,055	4,391	11,446
2006	370,400	286,300	6,416	4,007	10,422
2007	373,100	295,600	5,825	3,653	9,478
2008	375,600	304,000	5,284	3,329	8,613
2009	377,900	311,600	4,790	3,034	7,823
2010	379,900	318,500	4,339	2,766	7,104
2011	381,800	324,800	3,928	2,522	6,450
2012	383,400	330,600	3,554	2,300	5,854
2013	384,900	335,700	3,214	2,098	5,312
2014	386,300	340,400	2,906	1,914	4,821

Table 28. Population with and without AIDS, North, 1985-2014

Year	With AIDS	Without AIDS
1985	10,468,725	10,468,723
1986	10,586,105	10,586,101
1987	10,705,824	10,705,831
1988	10,827,696	10,827,774
1989	10,951,213	10,951,556
1990	11,077,993	11,079,609
1991	11,199,736	11,206,394
1992	11,312,672	11,332,037
1993	11,416,322	11,456,636
1994	11,515,594	11,582,263
1995	11,607,612	11,703,119
1996	11,695,410	11,819,982
1997	11,780,320	11,933,031
1998	11,863,006	12,042,402
1999	11,946,757	12,151,258
2000	12,024,396	12,252,322
2001	12,099,179	12,348,819
2002	12,171,378	12,441,040
2003	12,241,229	12,529,254
2004	12,310,535	12,615,336
2005	12,375,319	12,695,326
2006	12,439,017	12,772,731
2007	12,501,838	12,847,839
2008	12,563,955	12,920,939
2009	12,625,210	12,992,029
2010	12,684,610	13,060,182
2011	12,743,645	13,127,087
2012	12,802,280	13,192,799
2013	12,860,507	13,257,388
2014	12,920,357	13,323,050

Table 29. Population growth rate per capita per year, North, 1985-2014

Year	With AIDS	Without AIDS
1985	0.01186	0.01186
1986	0.01196	0.01196
1987	0.01204	0.01204
1988	0.01210	0.01211
1989	0.01211	0.01216
1990	0.01170	0.01191
1991	0.01095	0.01166
1992	0.00998	0.01144
1993	0.00917	0.01123
1994	0.00866	0.01102
1995	0.00814	0.01058
1996	0.00779	0.01014
1997	0.00752	0.00973
1998	0.00730	0.00934
1999	0.00708	0.00897
2000	0.00679	0.00851
2001	0.00652	0.00808
2002	0.00628	0.00769
2003	0.00606	0.00732
2004	0.00584	0.00697
2005	0.00570	0.00670
2006	0.00559	0.00647
2007	0.00550	0.00626
2008	0.00542	0.00608
2009	0.00536	0.00593
2010	0.00531	0.00579
2011	0.00525	0.00567
2012	0.00520	0.00556
2013	0.00514	0.00545
2014	0.00508	0.00535

Table 30. Dependency ratio, North, 1985-2014

Year	With AIDS	Without AIDS
1985	0.55313	0.55312
1986	0.54084	0.54084
1987	0.52949	0.52948
1988	0.51901	0.51899
1989	0.51572	0.51562
1990	0.51338	0.51296
1991	0.51171	0.51030
1992	0.51067	0.50765
1993	0.50969	0.50501
1994	0.51295	0.50688
1995	0.51567	0.50860
1996	0.51763	0.50992
1997	0.51895	0.51086
1998	0.52069	0.51239
1999	0.51816	0.50990
2000	0.51483	0.50673
2001	0.51060	0.50277
2002	0.50555	0.49807
2003	0.49981	0.49270
2004	0.49752	0.49061
2005	0.49502	0.48814
2006	0.49243	0.48544
2007	0.48979	0.48255
2008	0.48710	0.47950
2009	0.49037	0.48212
2010	0.49365	0.48467
2011	0.49715	0.48741
2012	0.50087	0.49036
2013	0.50476	0.49351
2014	0.51332	0.50140

Table 31. Population by age group with and without AIDS Epidemic, North, 1994

Age groups	Male		Female	
	With AIDS	Without AIDS	With AIDS	Without AIDS
0-1	110,730	112,070	111,700	113,050
1-4	425,160	427,240	433,830	435,950
5-9	506,721	506,802	518,840	518,930
10-14	489,723	489,723	443,997	443,997
15-19	544,990	547,730	518,490	520,840
20-24	585,510	596,790	537,550	545,770
25-29	568,880	580,530	546,770	555,640
30-34	477,975	483,540	512,620	516,480
35-39	493,830	496,236	494,113	494,965
40-44	402,489	403,366	399,699	399,757
45-49	297,249	297,763	293,351	293,368
50-54	215,457	215,757	215,291	215,300
55-59	204,913	204,920	210,351	210,351
60-64	189,281	189,281	199,926	199,926
65-69	126,174	126,174	149,714	149,714
70-74	75,683	75,683	87,341	87,341
75-79	39,768	39,768	48,687	48,687
>=80	15,334	15,334	23,481	23,481

สถาบันวิจัยประชากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 32. Population by age group with and without AIDS Epidemic, North, 2004

Age groups	Male		Female	
	With AIDS	Without AIDS	With AIDS	Without AIDS
0-1	101,580	104,030	102,470	104,940
1-4	398,564	409,490	406,710	417,850
5-9	511,410	525,560	523,640	538,120
10-14	519,460	526,040	532,950	539,690
15-19	498,763	498,927	513,231	513,420
20-24	477,858	479,398	436,074	437,609
25-29	512,908	533,680	494,802	511,270
30-34	537,660	579,360	508,010	533,650
35-39	521,890	560,210	515,300	540,600
40-44	436,712	461,342	482,173	498,639
45-49	459,530	470,862	474,548	479,254
50-54	361,813	365,616	373,224	373,493
55-59	250,984	253,010	261,037	261,118
60-64	171,605	172,468	184,554	184,579
65-69	145,801	145,812	164,543	164,543
70-74	112,151	112,151	133,572	133,572
75-79	56,260	56,260	77,515	77,515
>=80	21,593	21,593	29,652	29,652

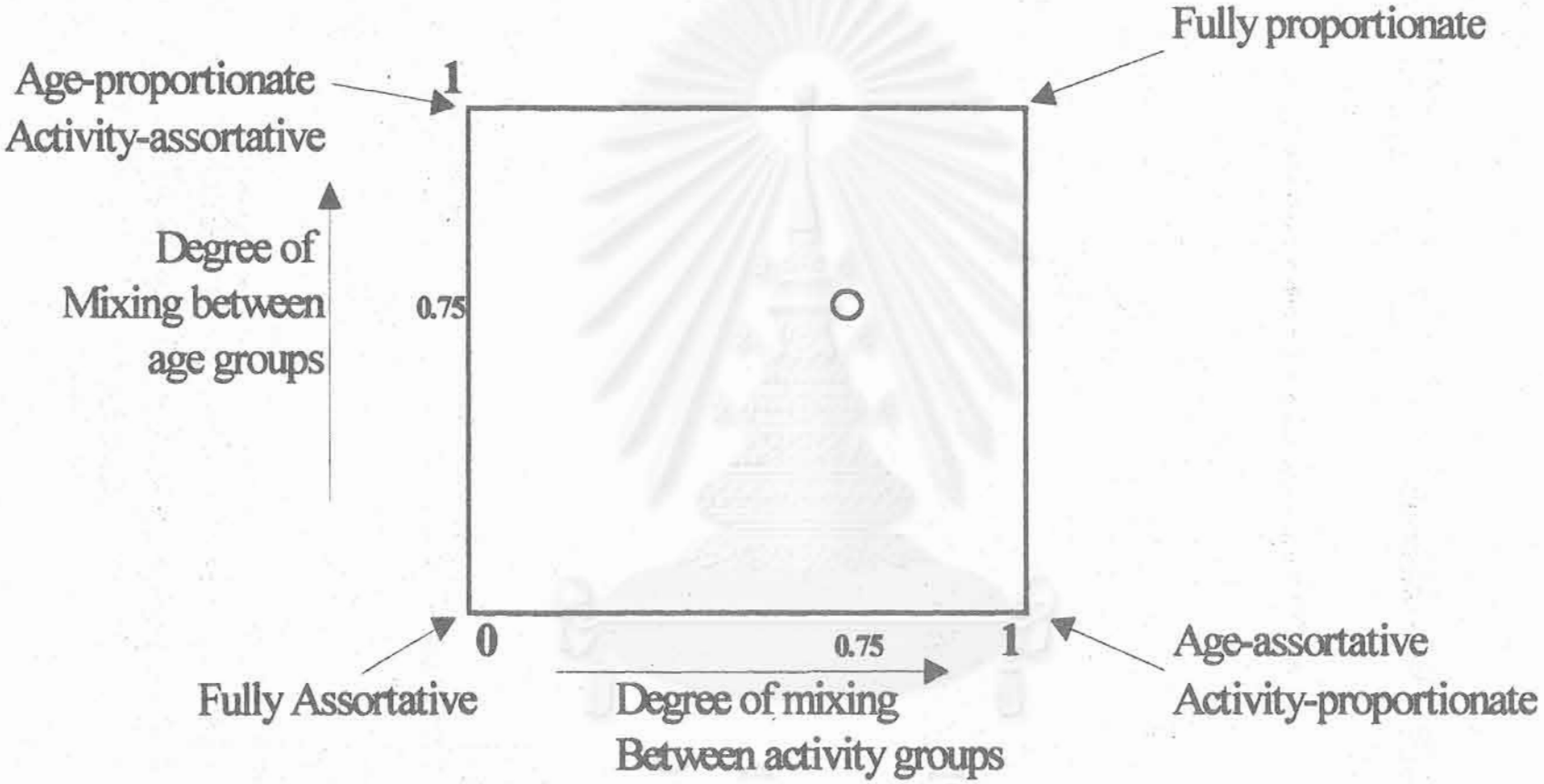
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 33. Population by age group with and without AIDS Epidemic, North, 2014

Age groups	Male		Female	
	With AIDS	Without AIDS	With AIDS	Without AIDS
0-1	104,880	106,610	105,800	107,540
1-4	398,489	404,991	406,630	413,260
5-9	483,131	493,438	494,680	505,240
10-14	486,659	501,011	499,301	514,030
15-19	502,965	517,370	517,590	532,410
20-24	508,310	514,970	525,030	531,930
25-29	484,944	486,148	502,582	503,994
30-34	459,732	465,398	422,367	427,890
35-39	485,351	515,010	474,582	497,425
40-44	502,965	552,760	485,520	515,230
45-49	487,177	531,900	494,405	523,360
50-54	388,930	418,169	446,044	465,884
55-59	387,831	400,476	421,387	426,880
60-64	288,352	292,257	319,898	320,200
65-69	178,245	180,030	204,173	204,256
70-74	101,557	102,188	123,298	123,316
75-79	65,012	65,019	85,193	85,193
>=80	31,998	31,998	45,346	45,346

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Figure 1. Mixing pattern



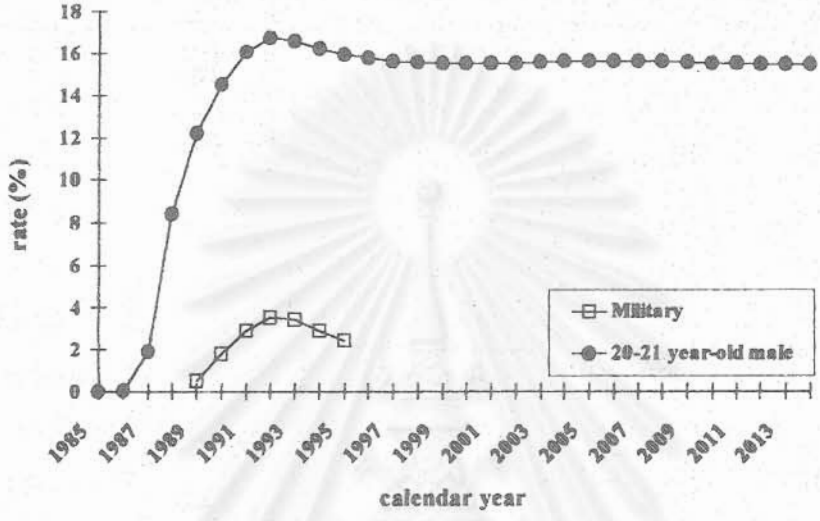
Epsilon 1 = 0.75

Epsilon 2 = 0.75

Epsilon 3 = 0.50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Figure 2. HIV Prevalence rate



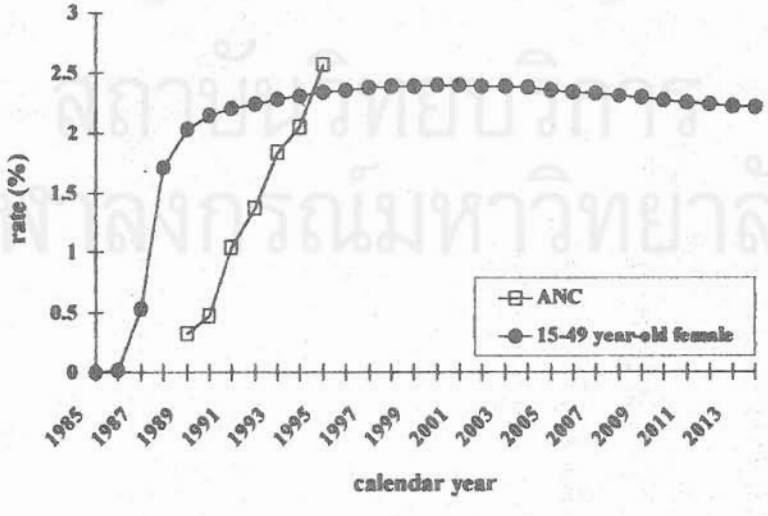
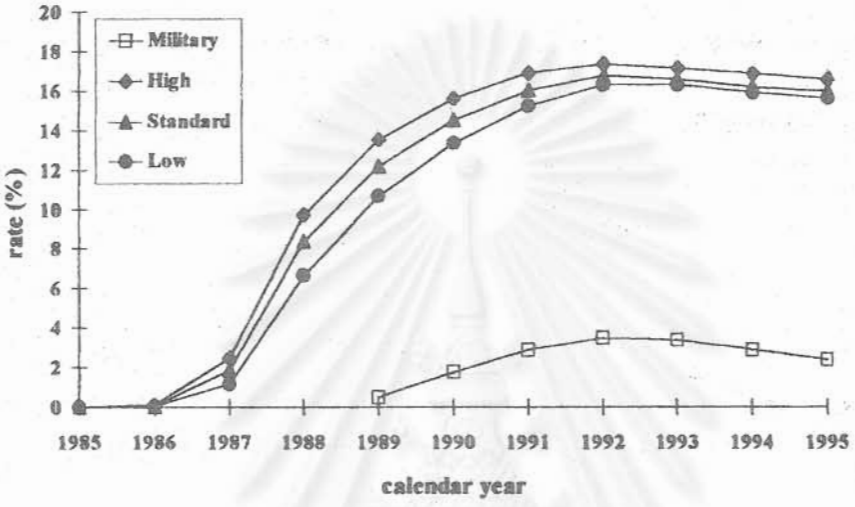


Figure 3. HIV prevalence rate: sensitivity of male proportion in sexual activity class



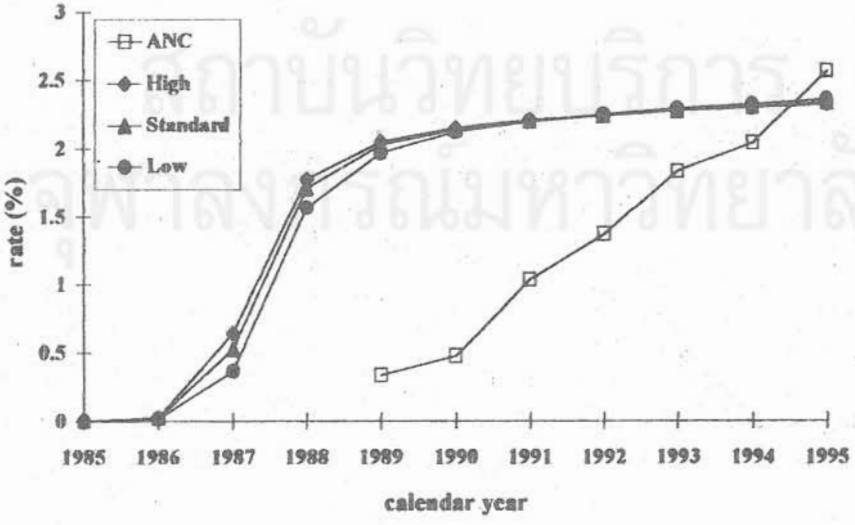
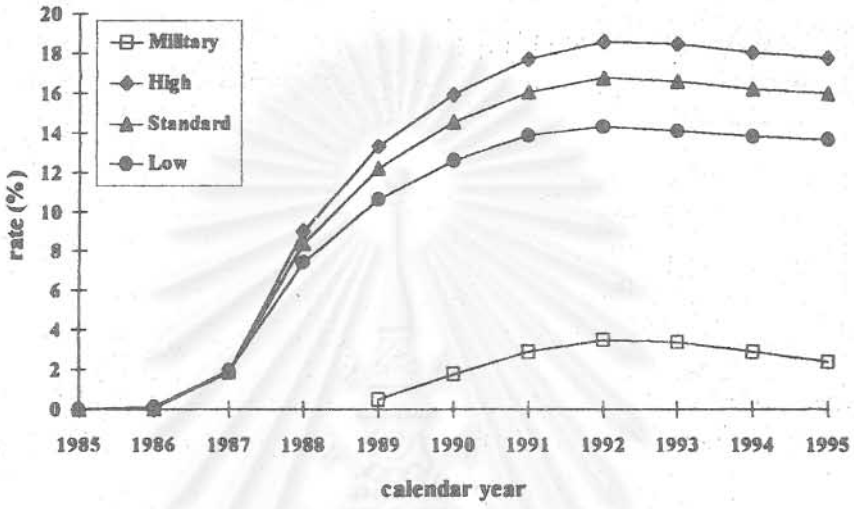


Figure 4. HIV prevalence rate: sensitivity of female proportion in sexual activity class



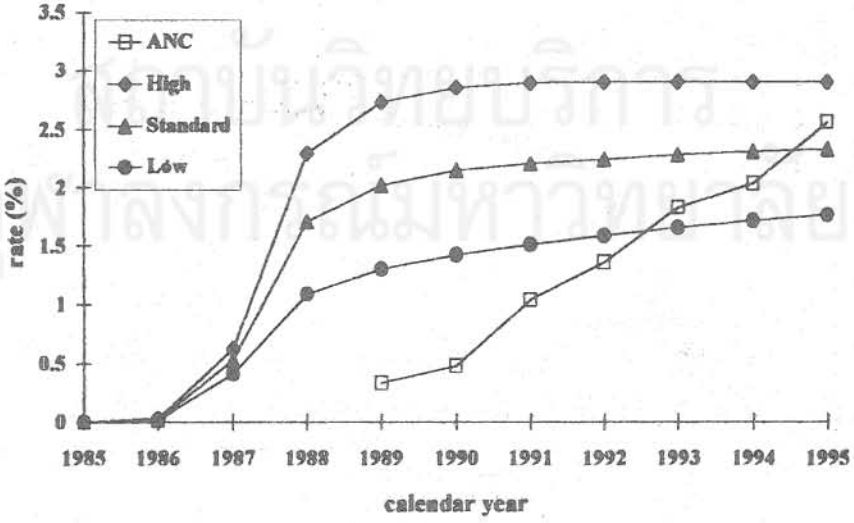
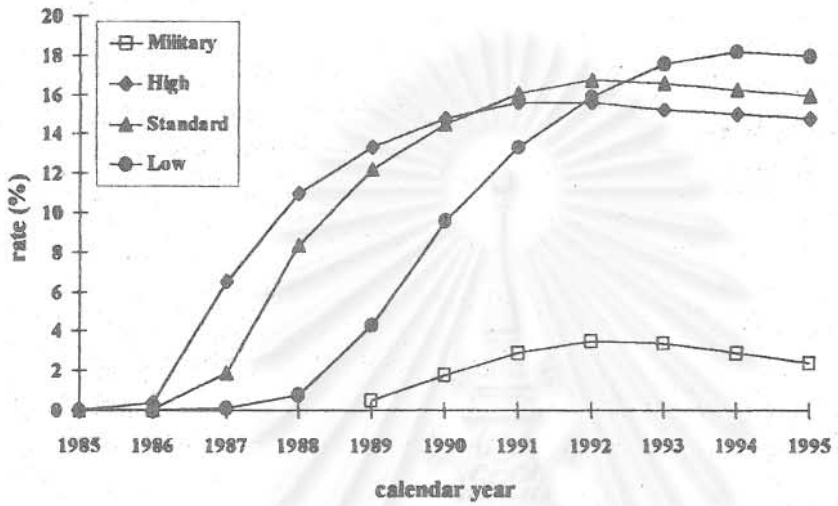


Figure 5. HIV prevalence rate: sensitivity of male rate of partner change



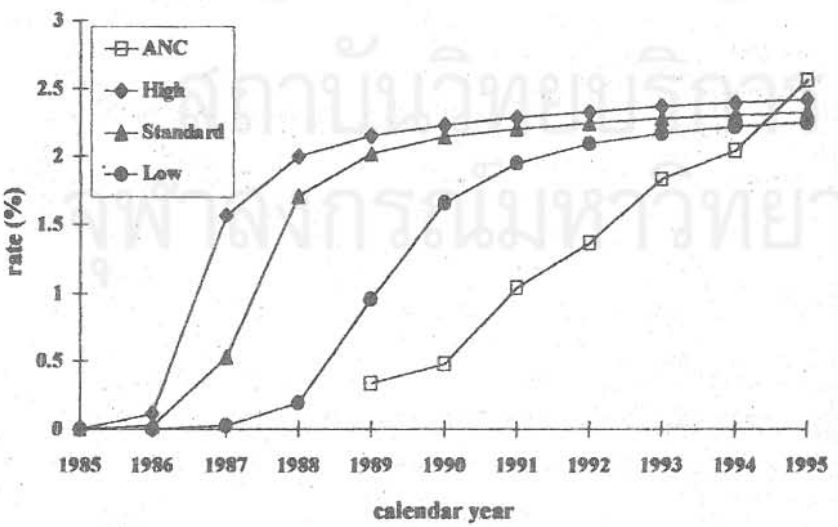
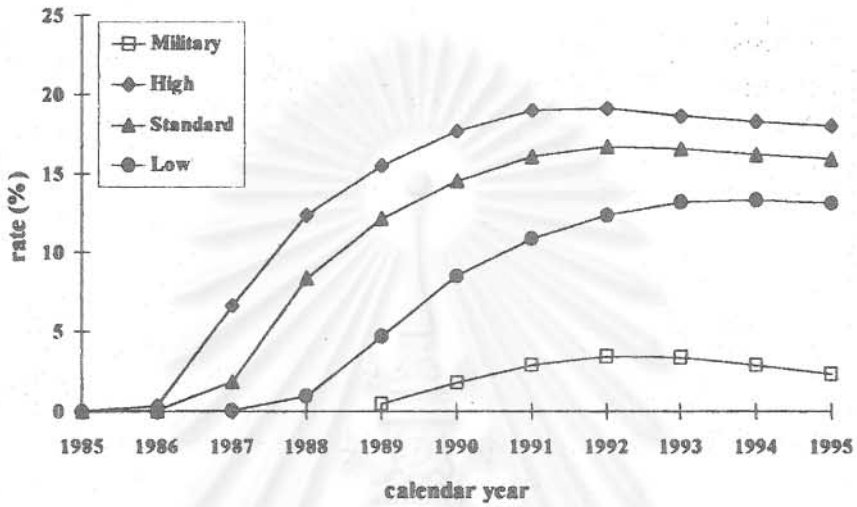


Figure 6. HIV prevalence rate: sensitivity of female rate of partner change



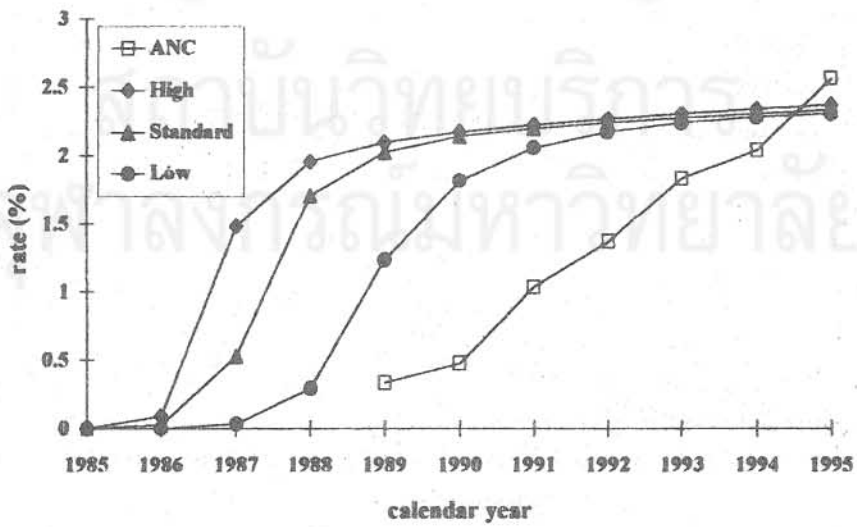
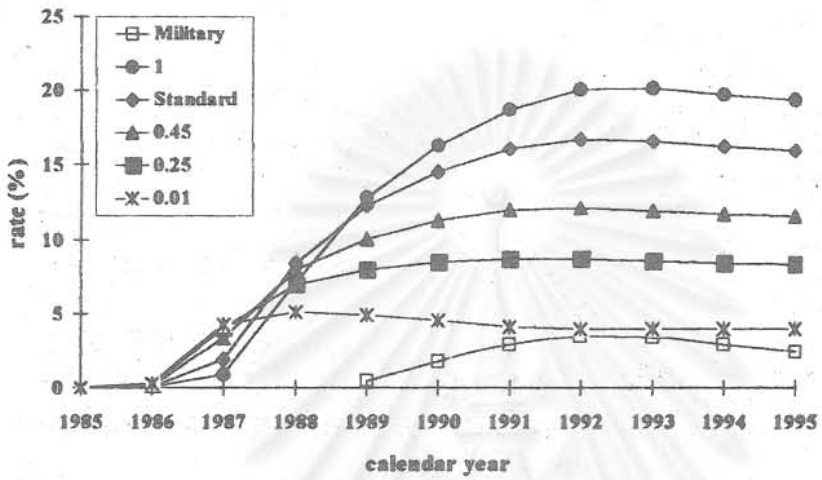


Figure 7. HIV prevalence rate: sensitivity of ε_1



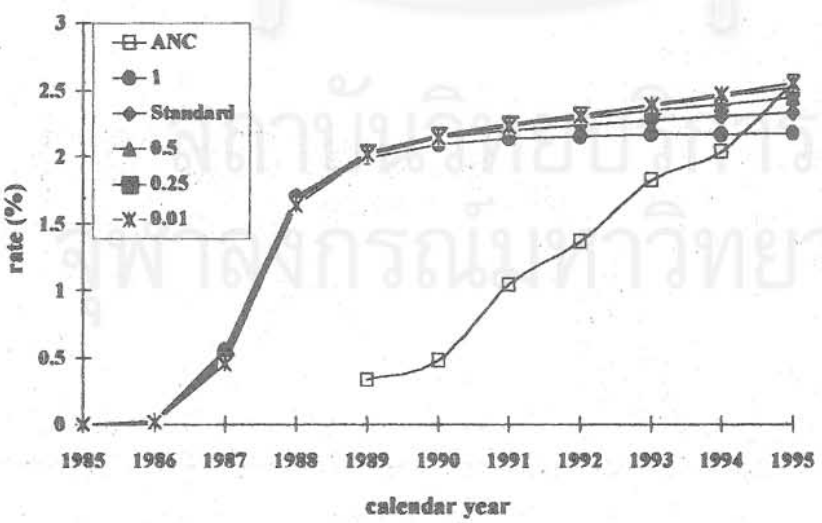
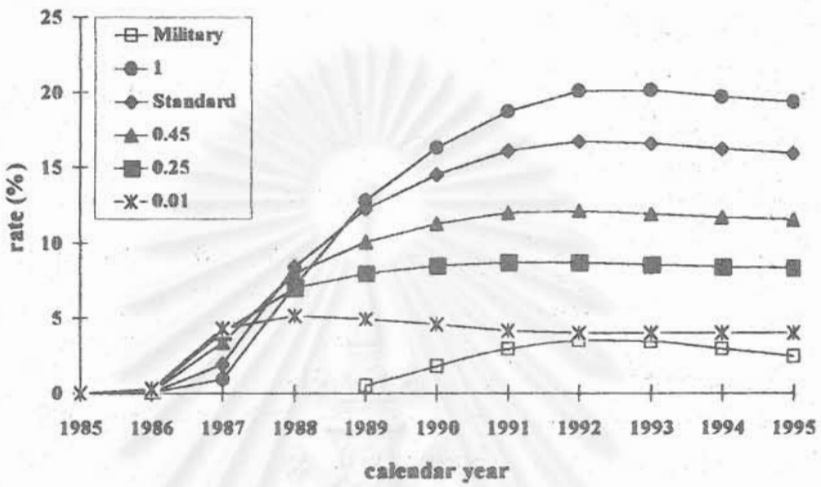


Figure 8. HIV prevalence rate: sensitivity of ε_2



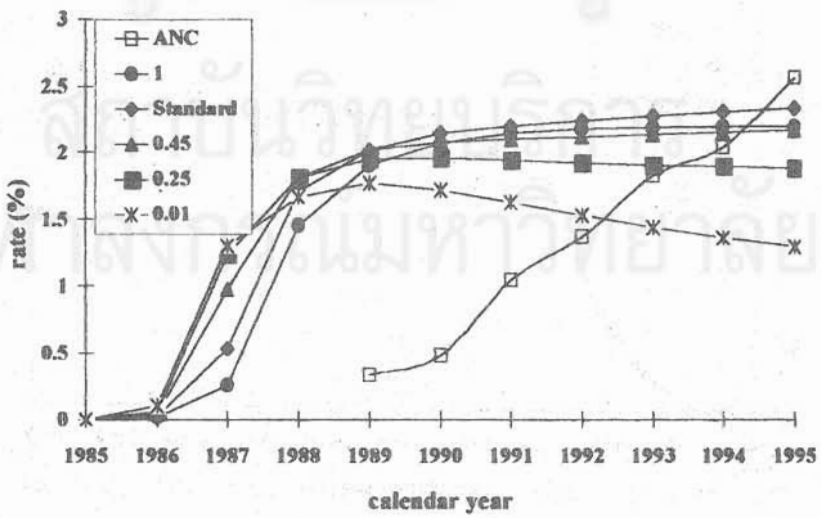
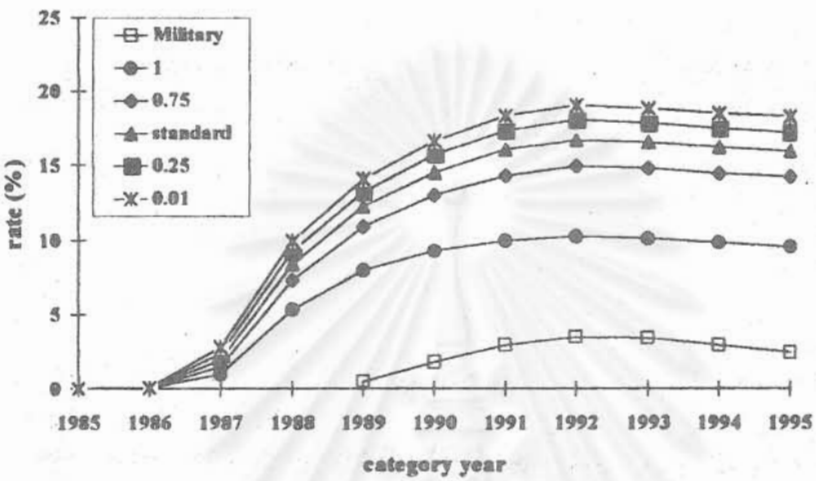


Figure 9. HIV prevalence rate: sensitivity of ε_3



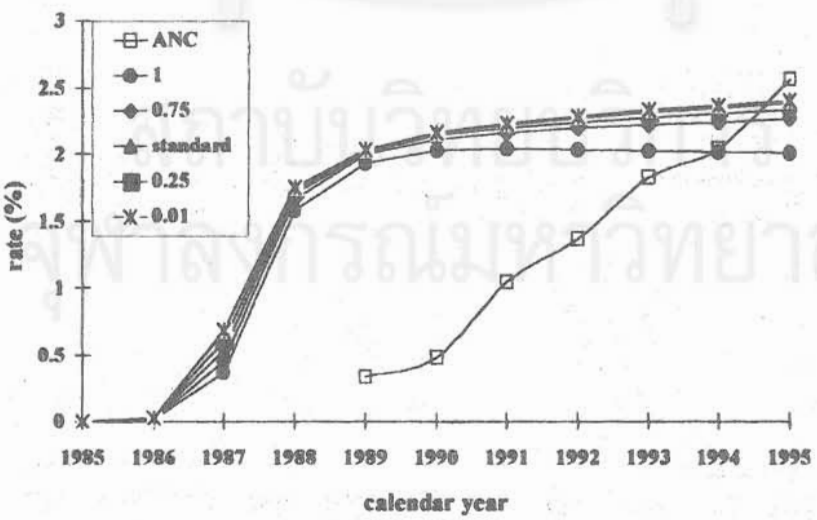
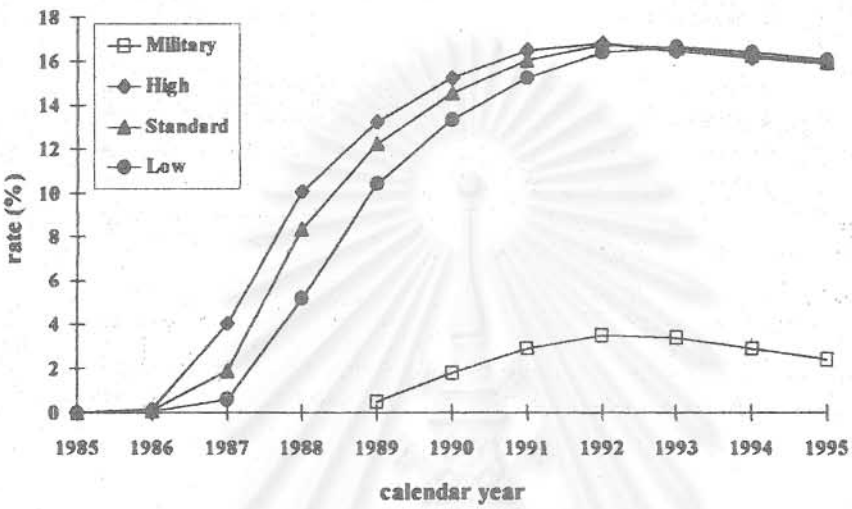


Figure 10. HIV prevalence rate: sensitivity of probability of transmission male-female



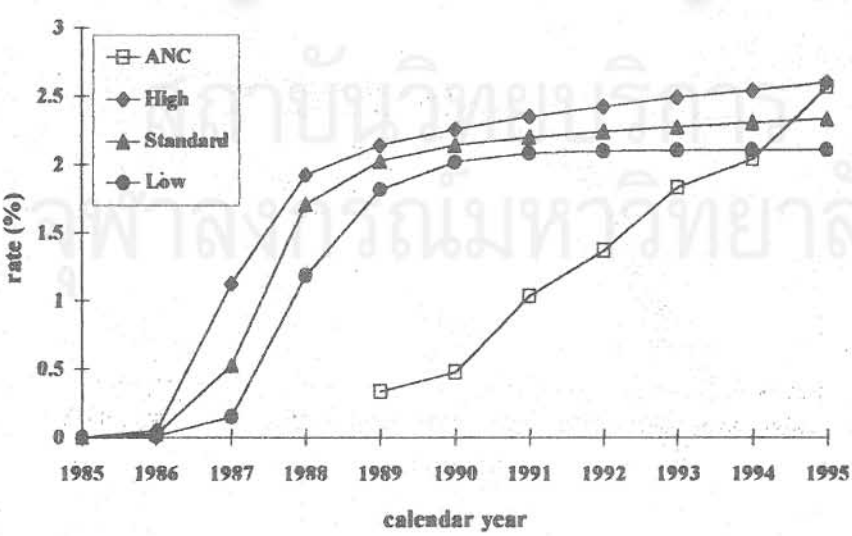
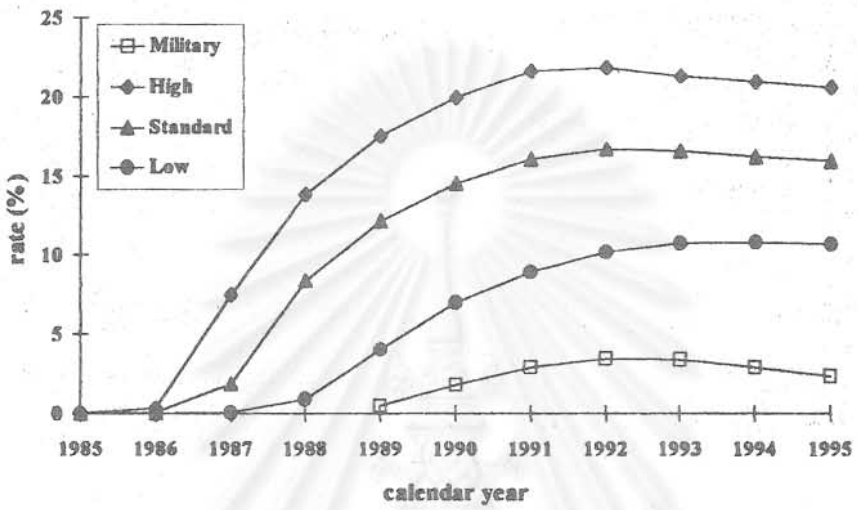


Figure 11. HIV prevalence rate: sensitivity of probability of transmission female-male



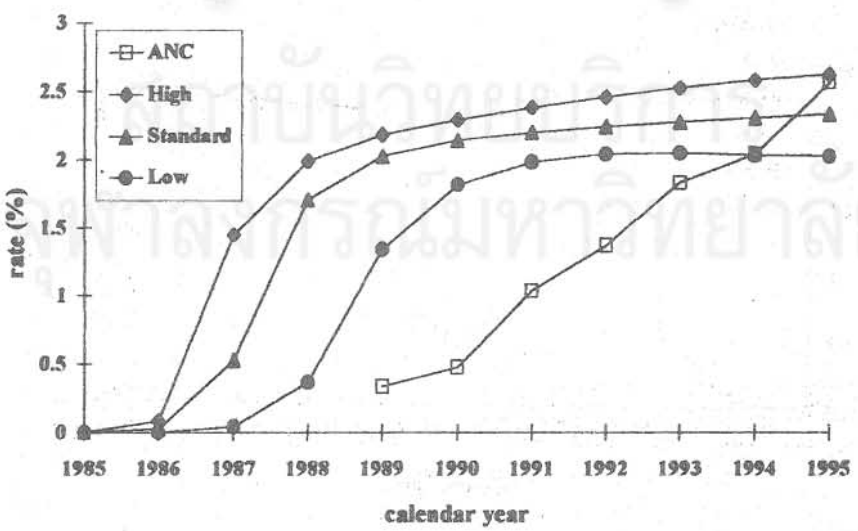
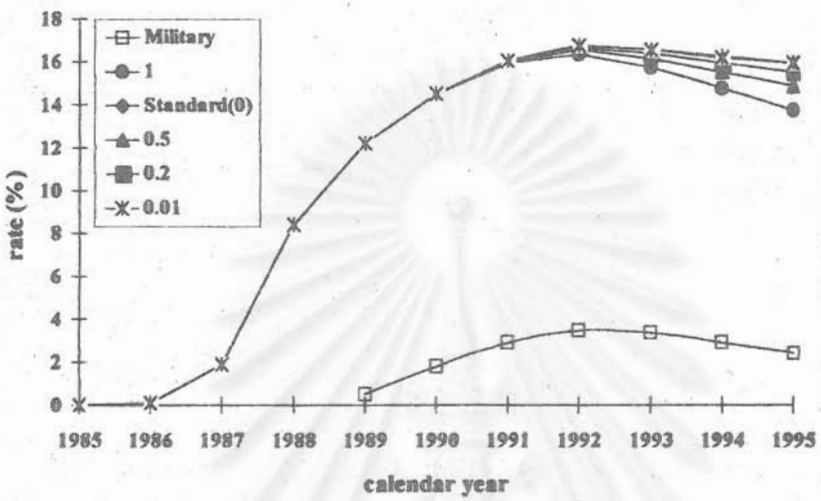


Figure 12. HIV prevalence rate: sensitivity of reduction of rate of partner change from year 7-20



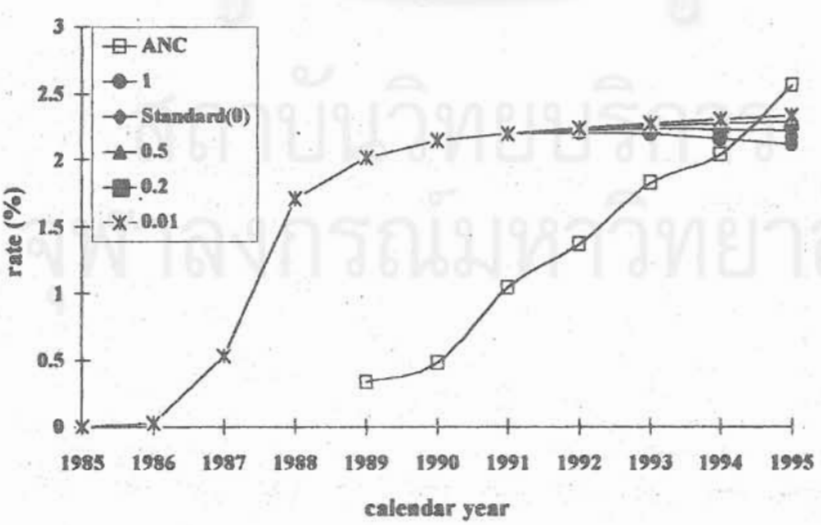
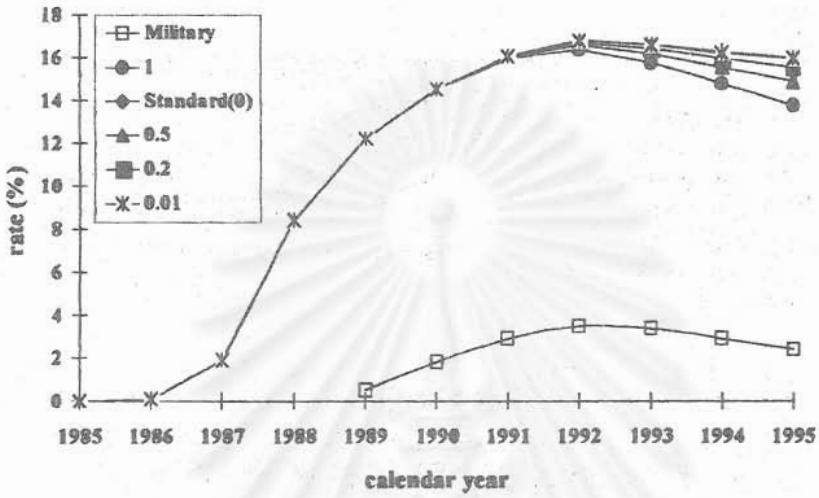


Figure 13. HIV prevalence rate: sensitivity of reduction of probability of transmission from year 7-20



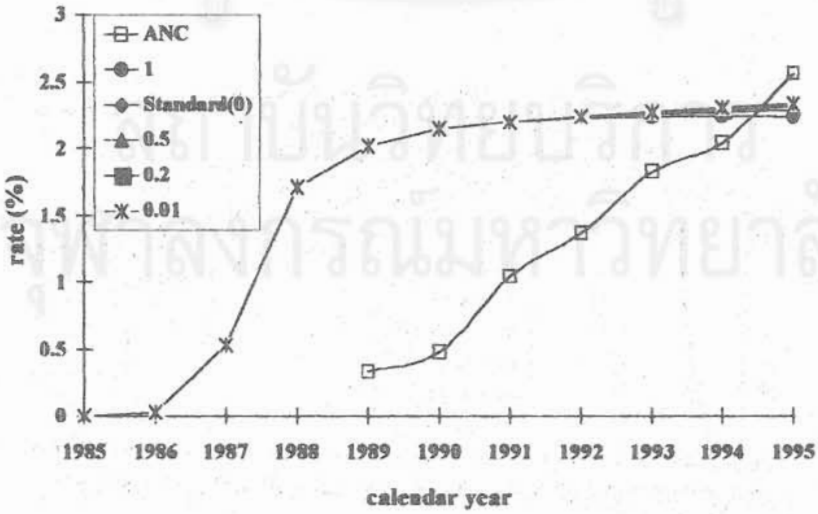
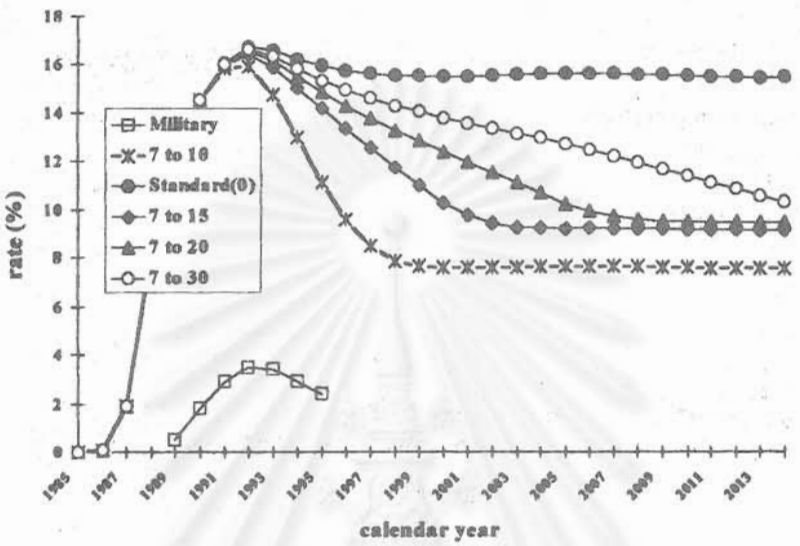


Figure 14. HIV prevalence rate: sensitivity of time interval for reduction of partner change rate



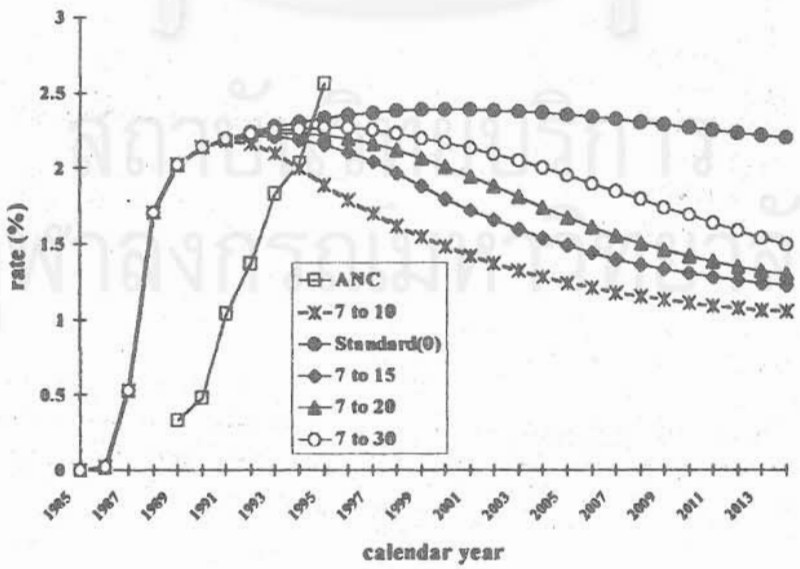


Figure 15. HIV prevalence rate: sensitivity of time interval for reduction of probability of transmission

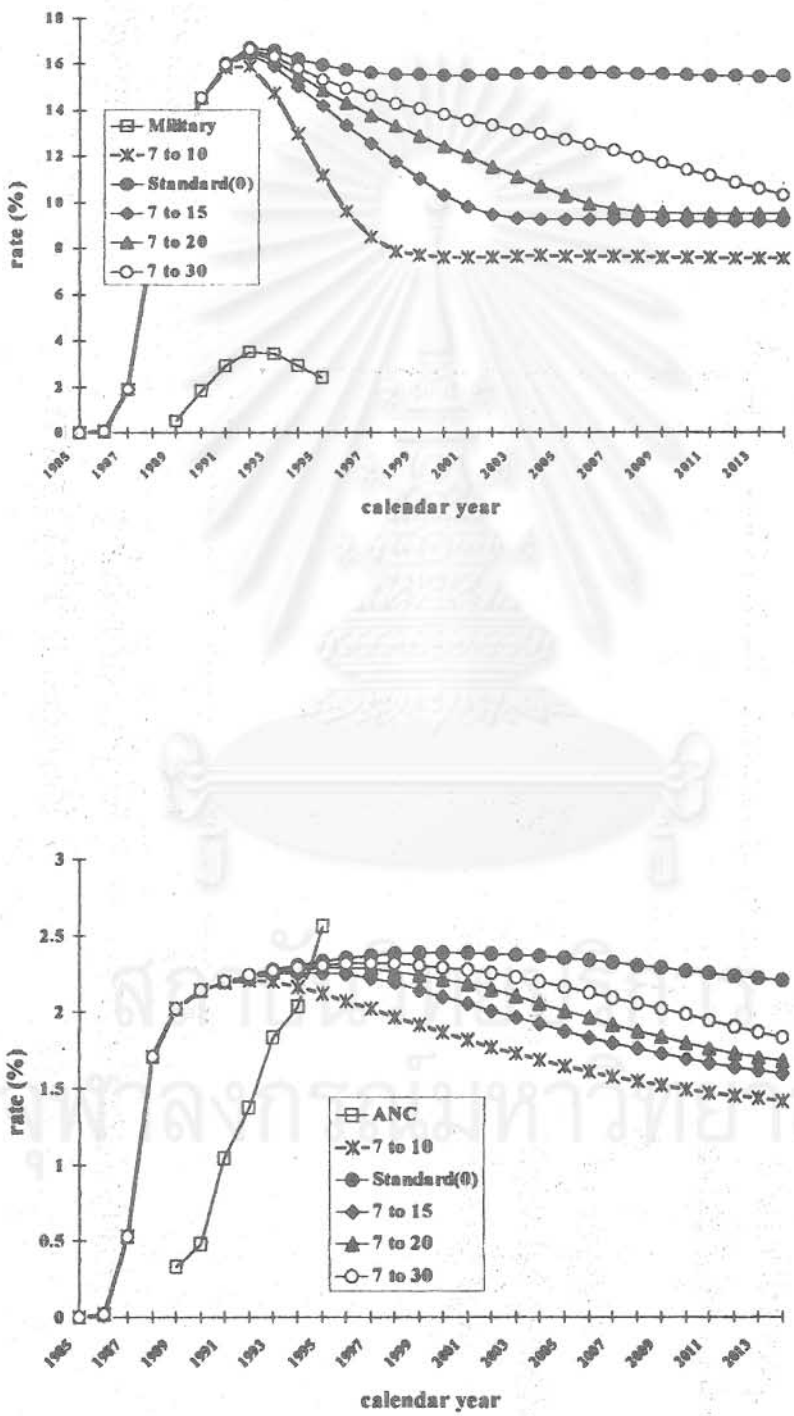
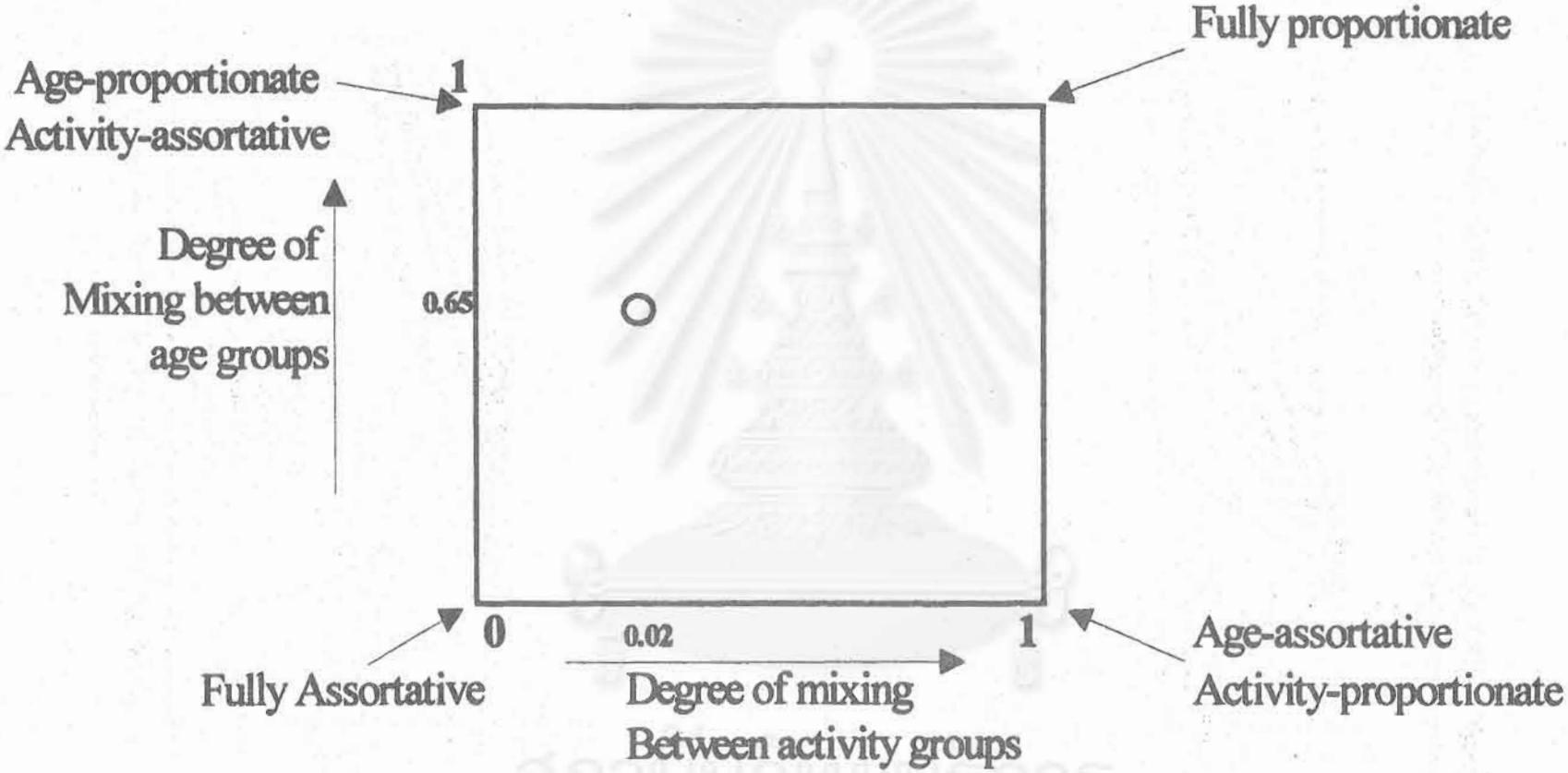


Figure 16. Mixing pattern



Epsilon 1 = 0.65

Epsilon 2 = 0.02

Epsilon 3 = 0.80

Figure 17. HIV prevalence rate of male age 20-21 1985-2014

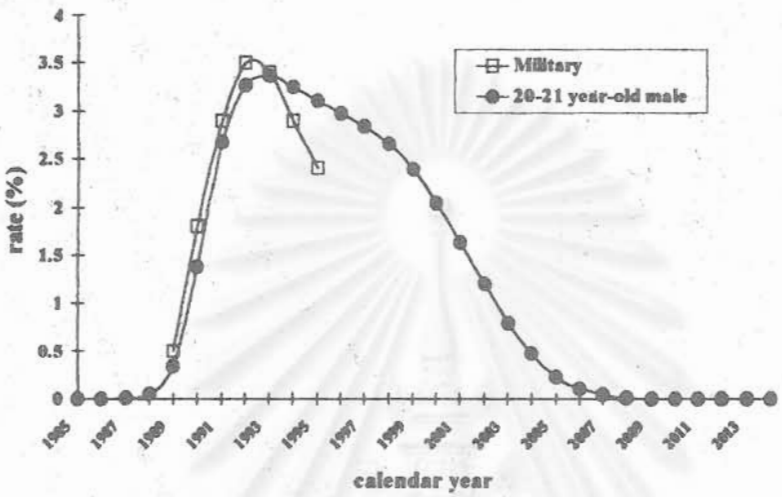


Figure 18. HIV prevalence rate of female age 15-49 1985-2014

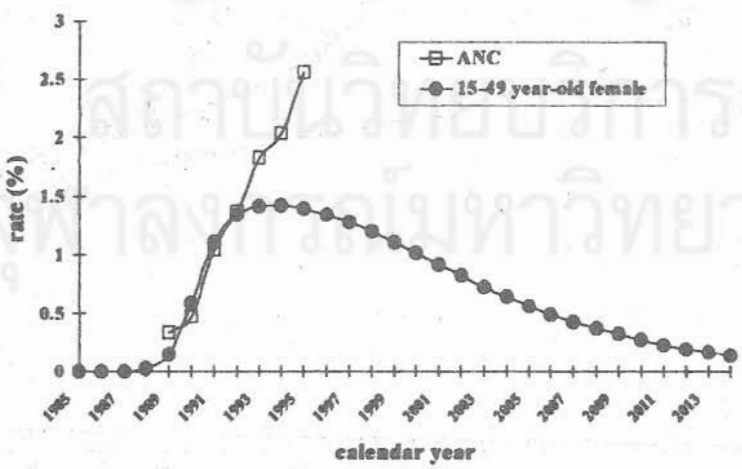


Figure 19. Number of HIV infections, 1985-2014

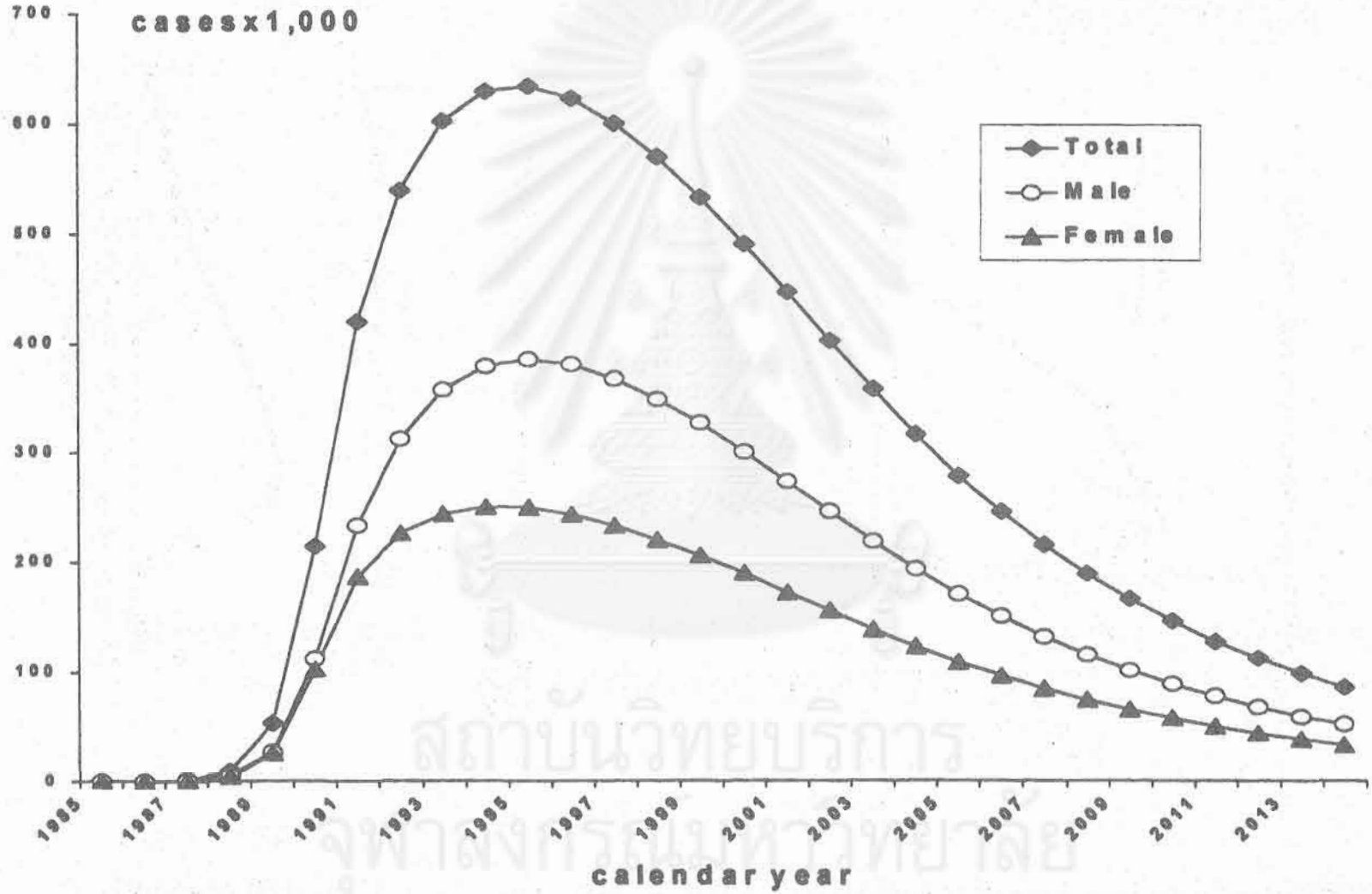


Figure 20. Number of deaths due to AIDS, 1985-2014

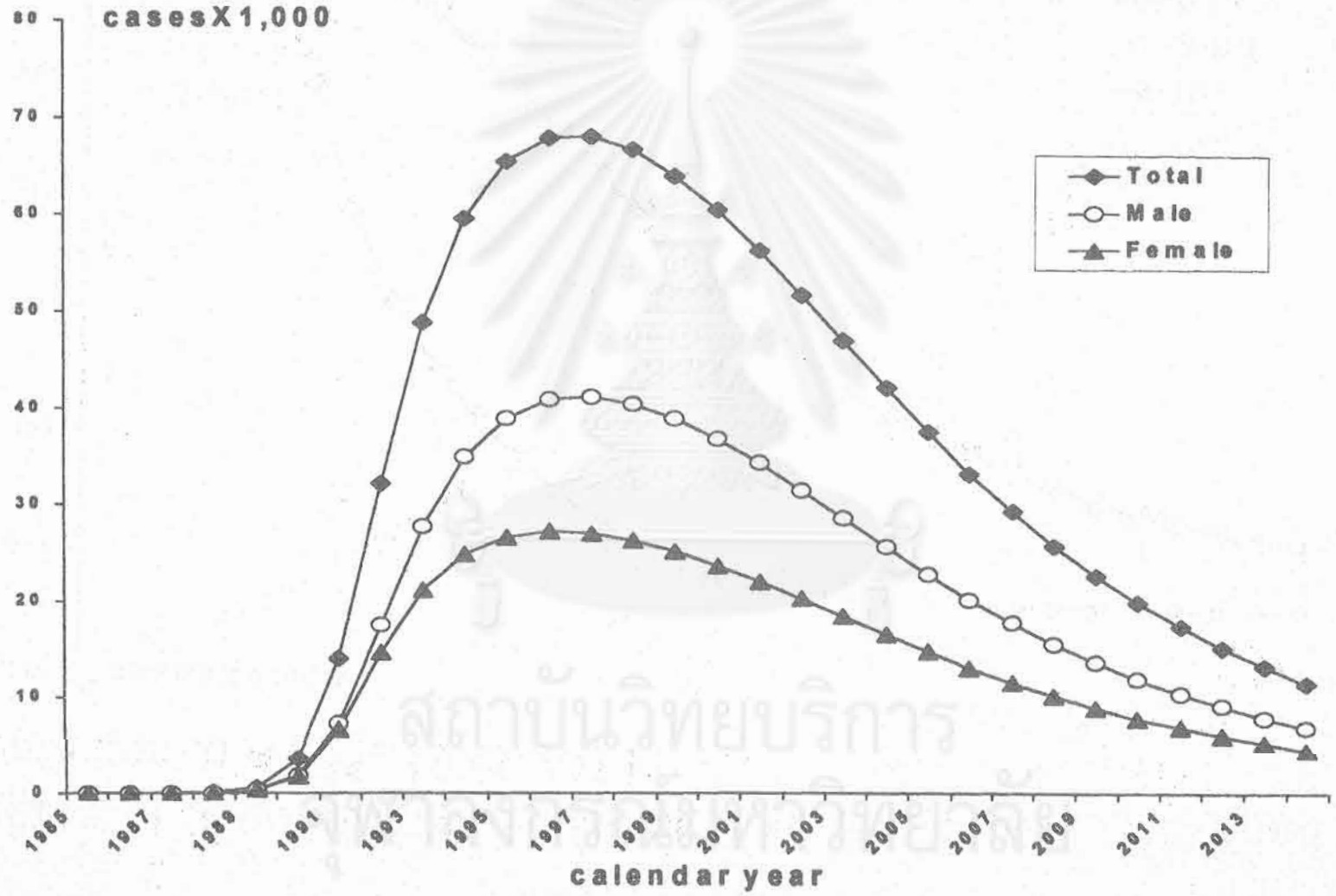


Figure 21. Cumulative incidence of HIV infection, AIDS and death due to AIDS, 1985-2014

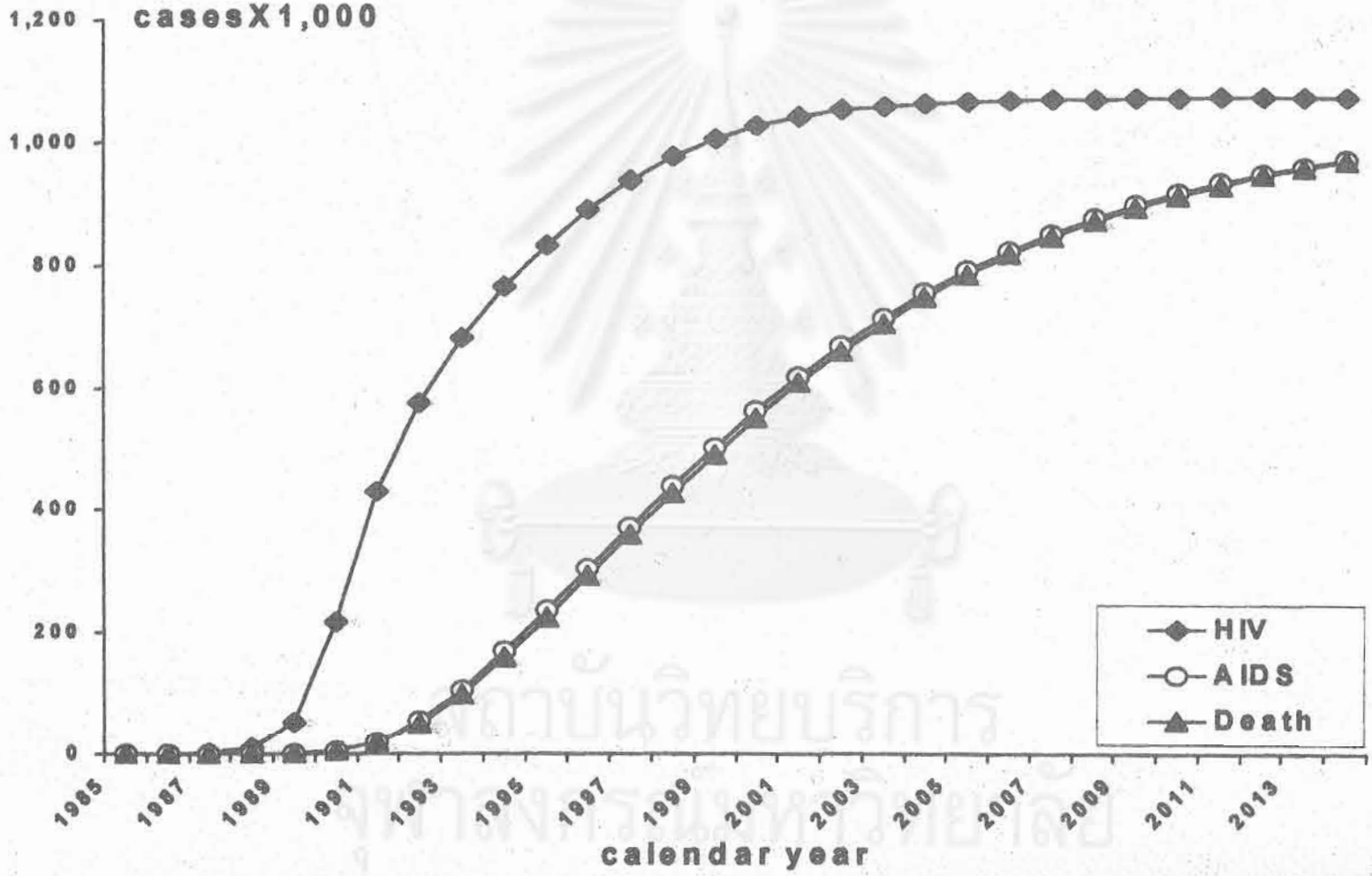


Figure 22. Population with and without AIDS epidemic, 1985-2014

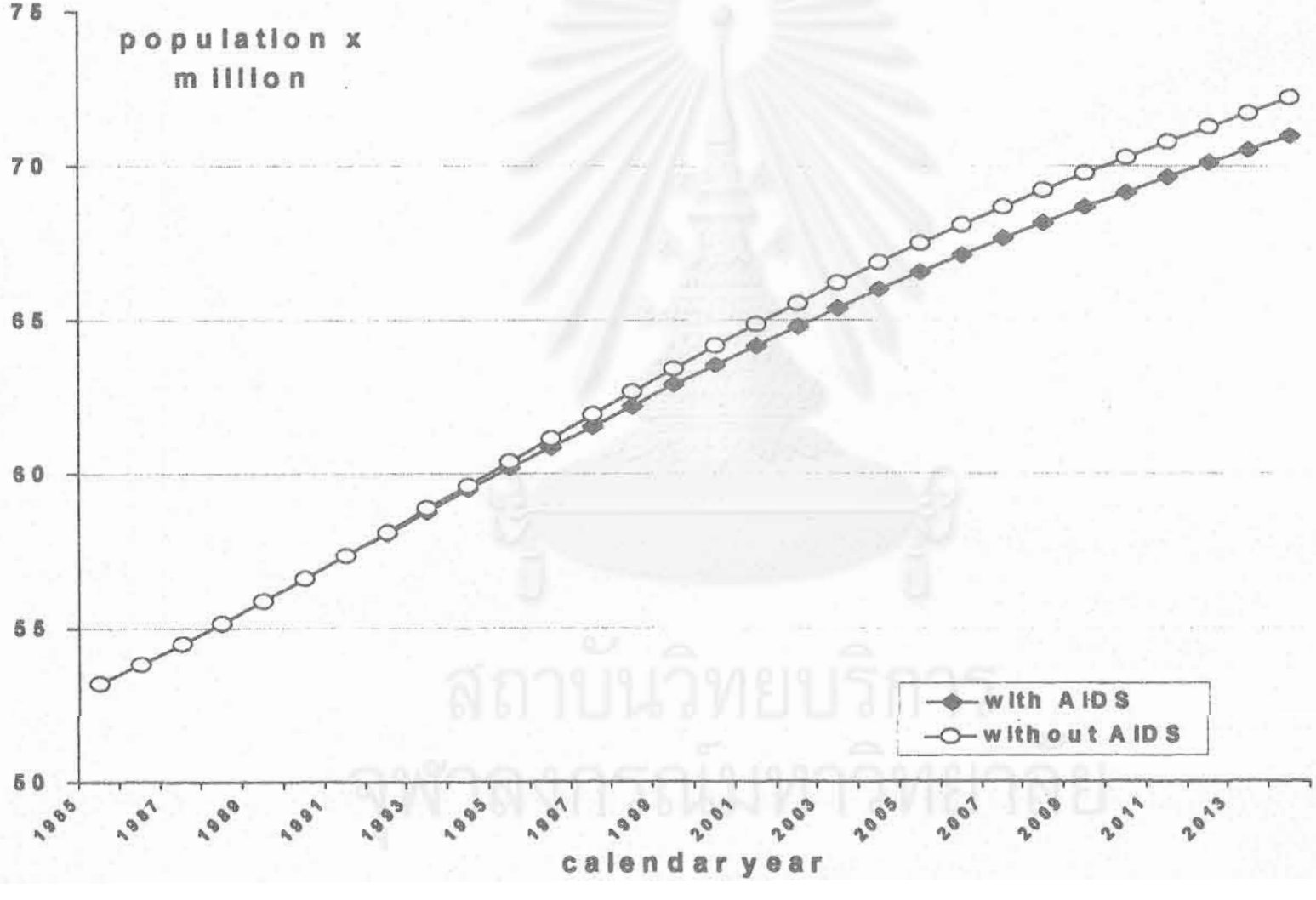


Figure 23. Population growth rate per capita per year, 1985-2014

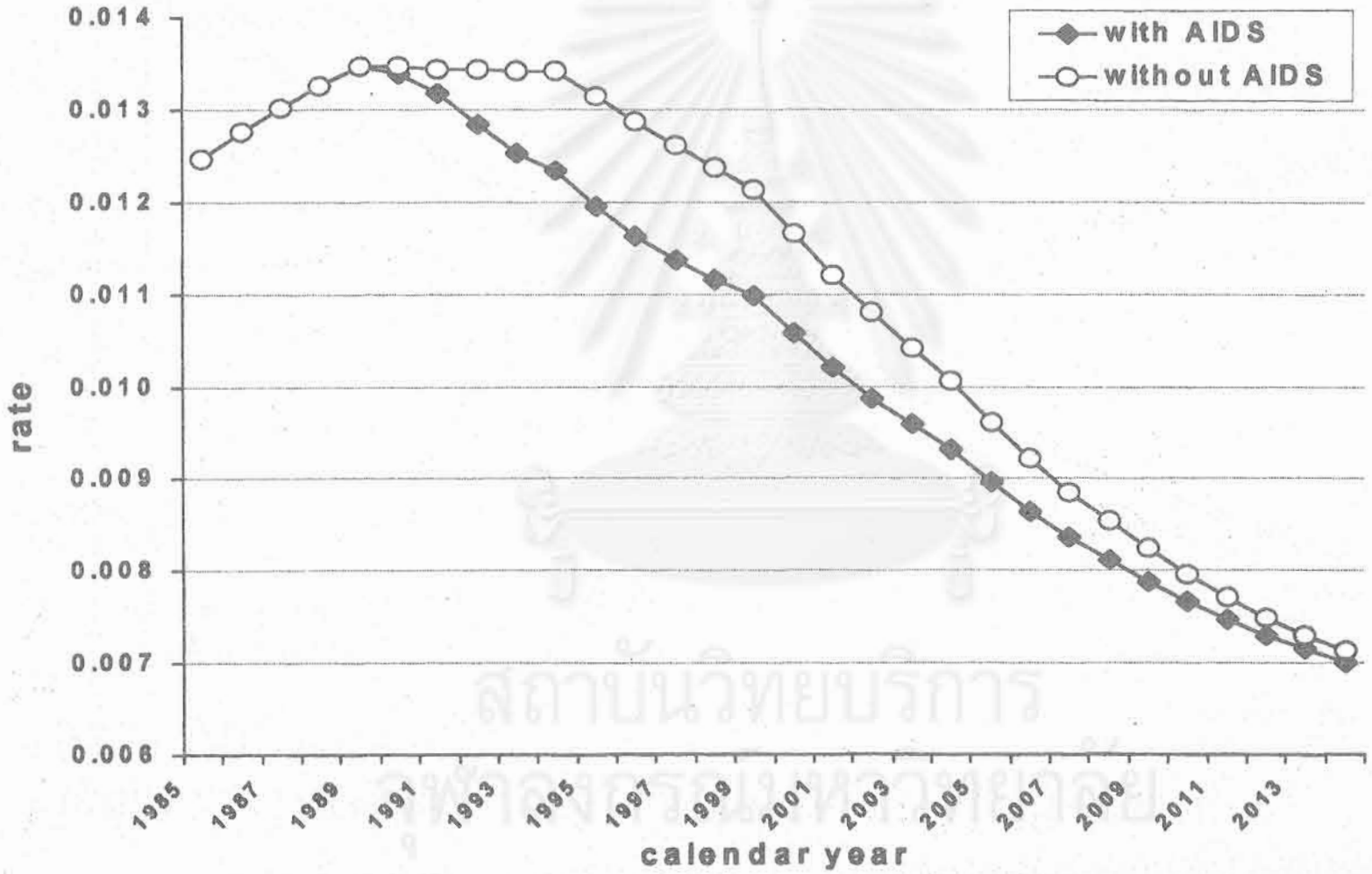


Figure 24. Dependency ratio, 1985-2014

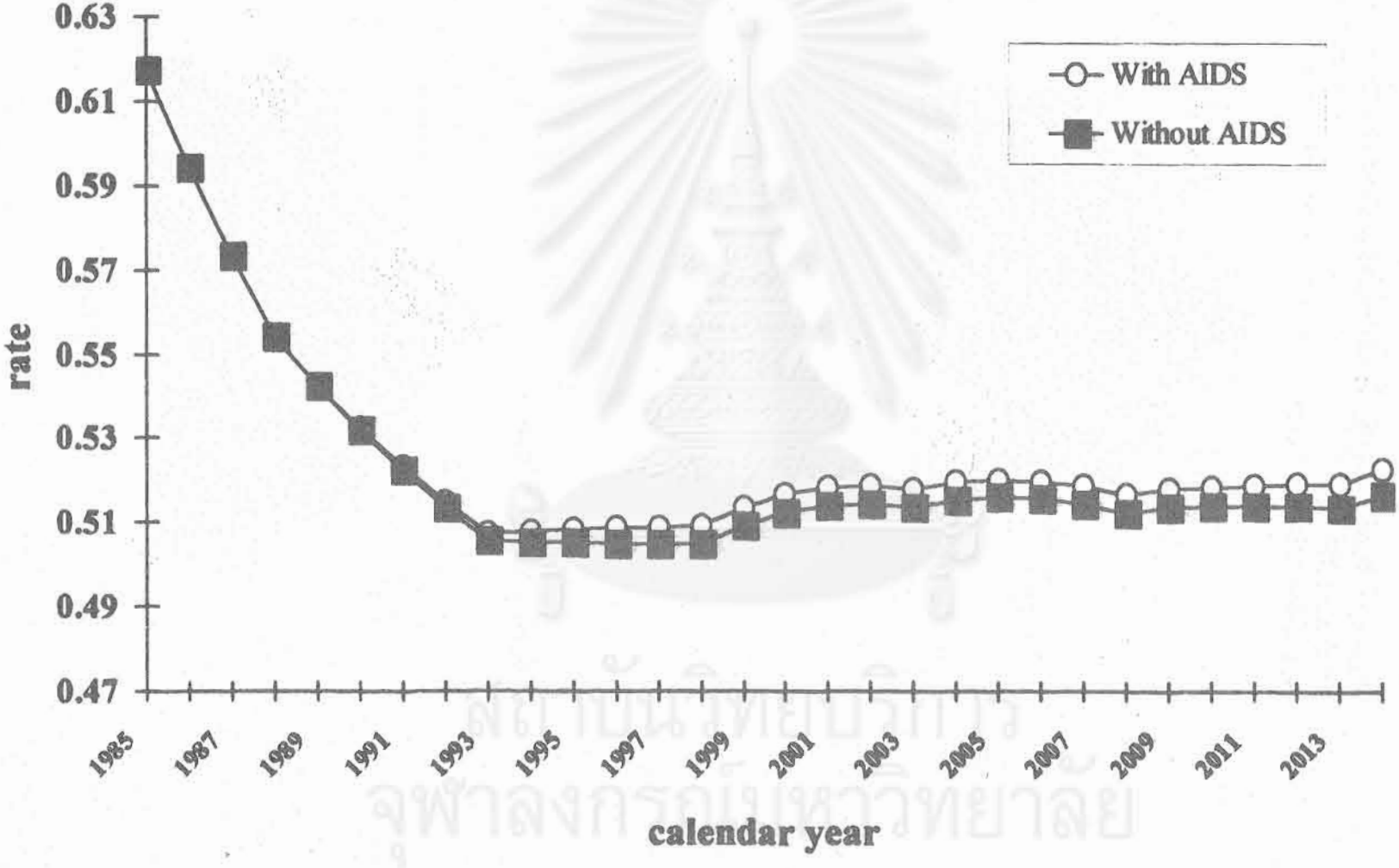
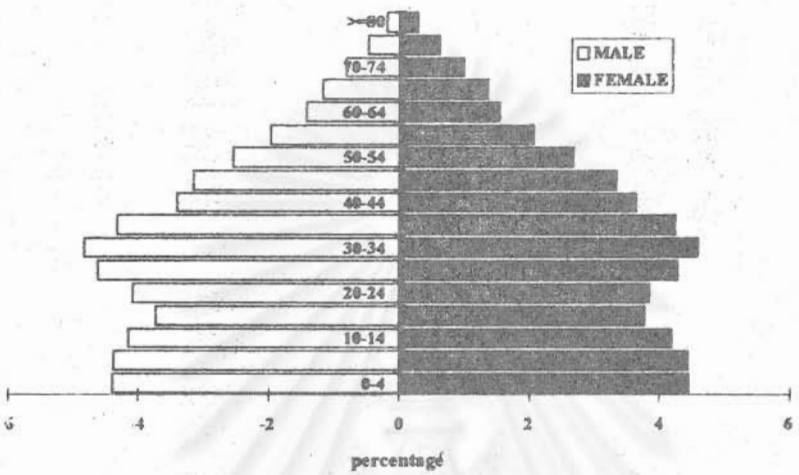


Figure 25. Population by age group with and without AIDS epidemic, 2004

a) without AIDS epidemic



b) with AIDS epidemic

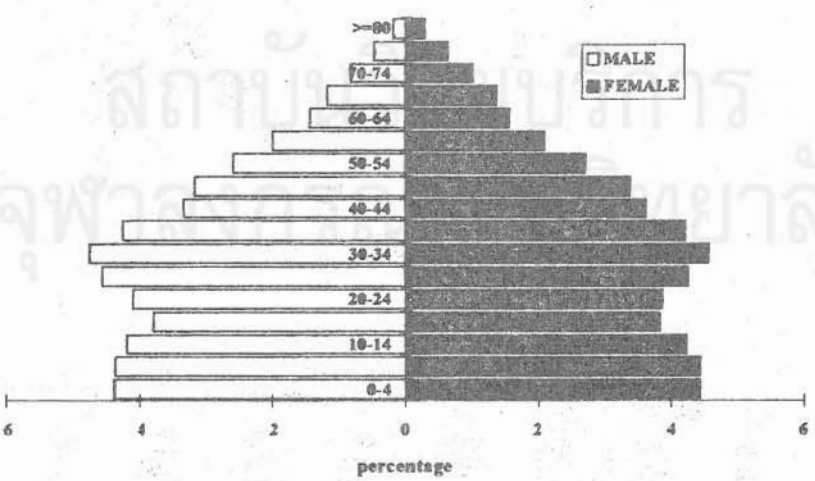
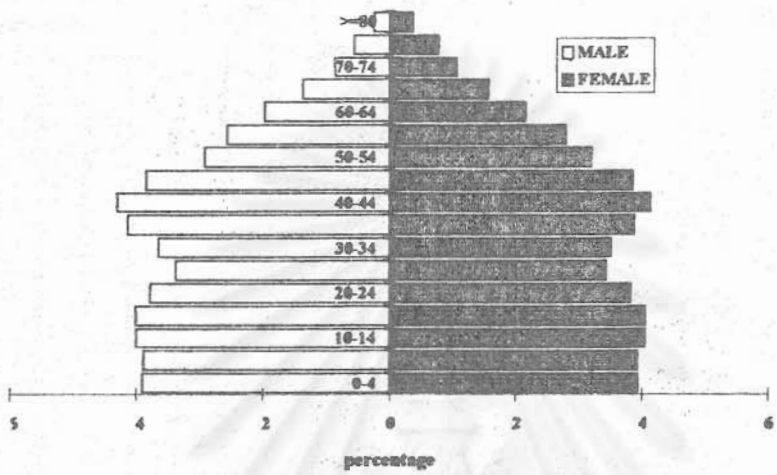


Figure 26. Population by age group with and without AIDS epidemic, 2014

a) without AIDS epidemic



b) with AIDS epidemic

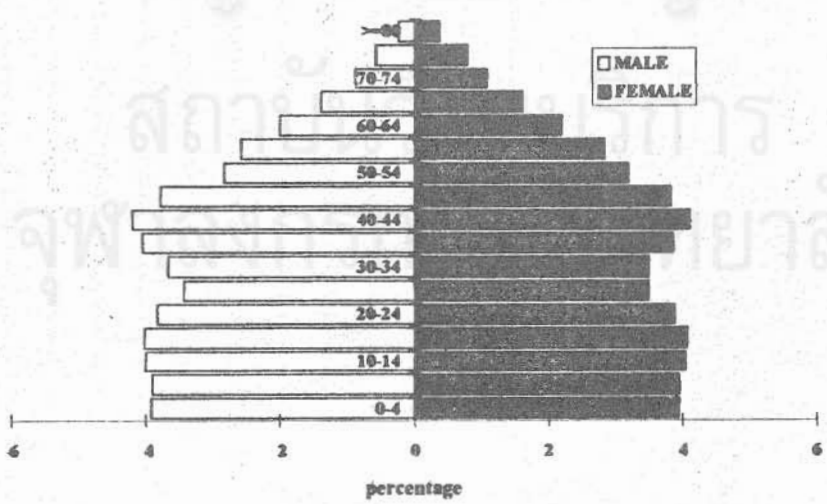


Figure 27. Population difference due to AIDS, 2014 (black = difference)

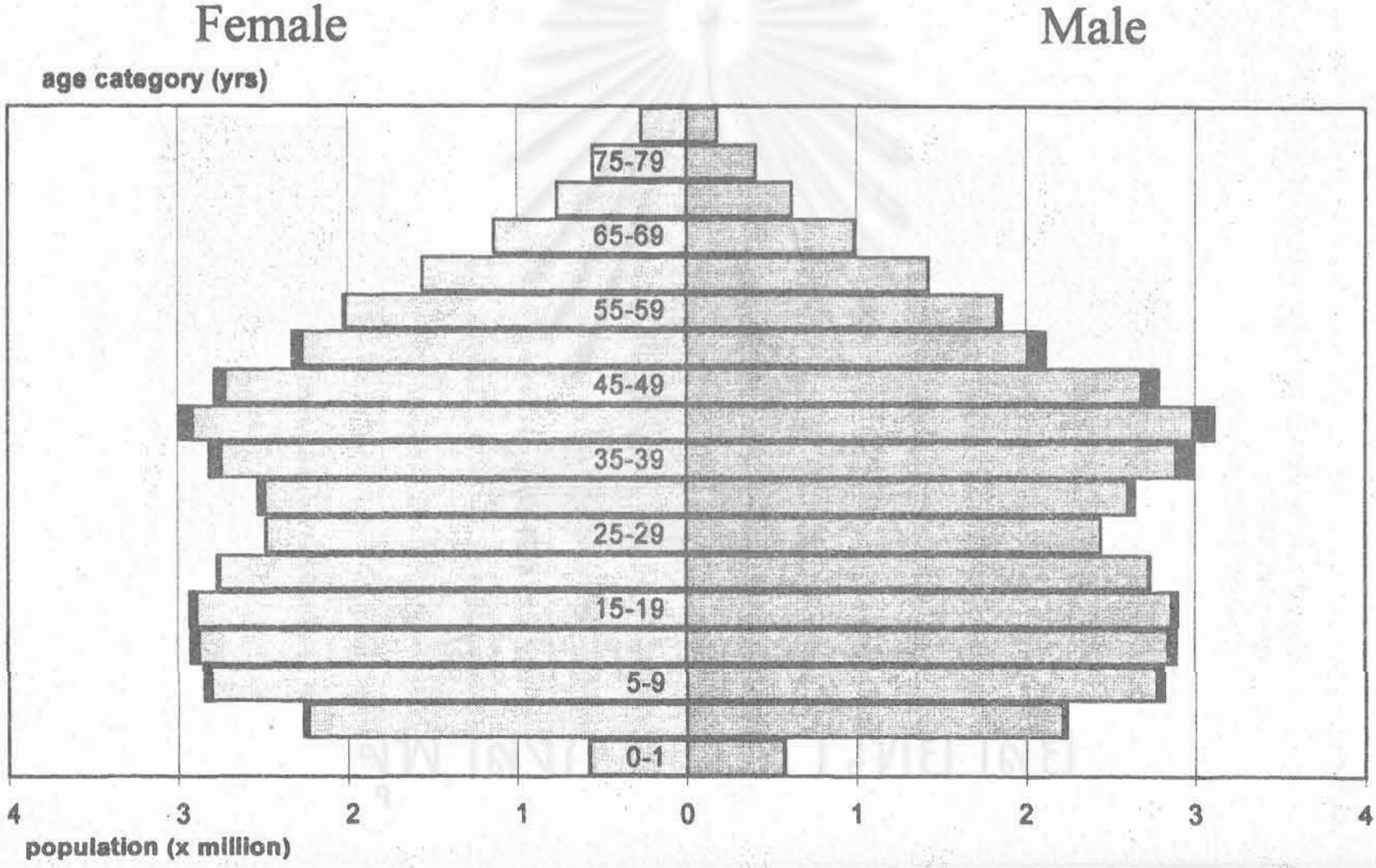


Figure 28. Population difference due to AIDS among males, 1994 (white), 2004 (gray), 2014 (black)

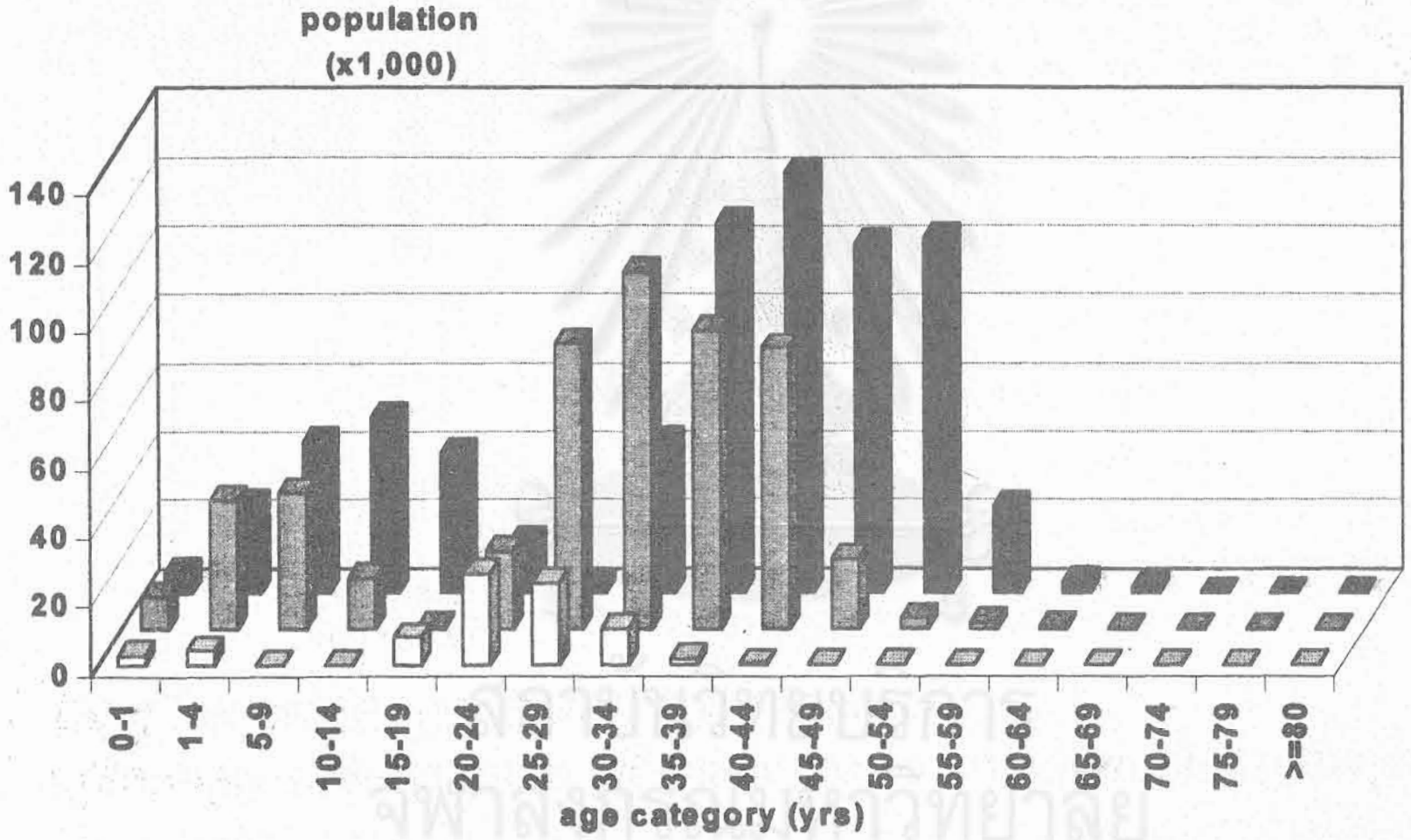


Figure 29. Population difference due to AIDS among females, 1994 (white), 2004 (gray), 2014 (black)

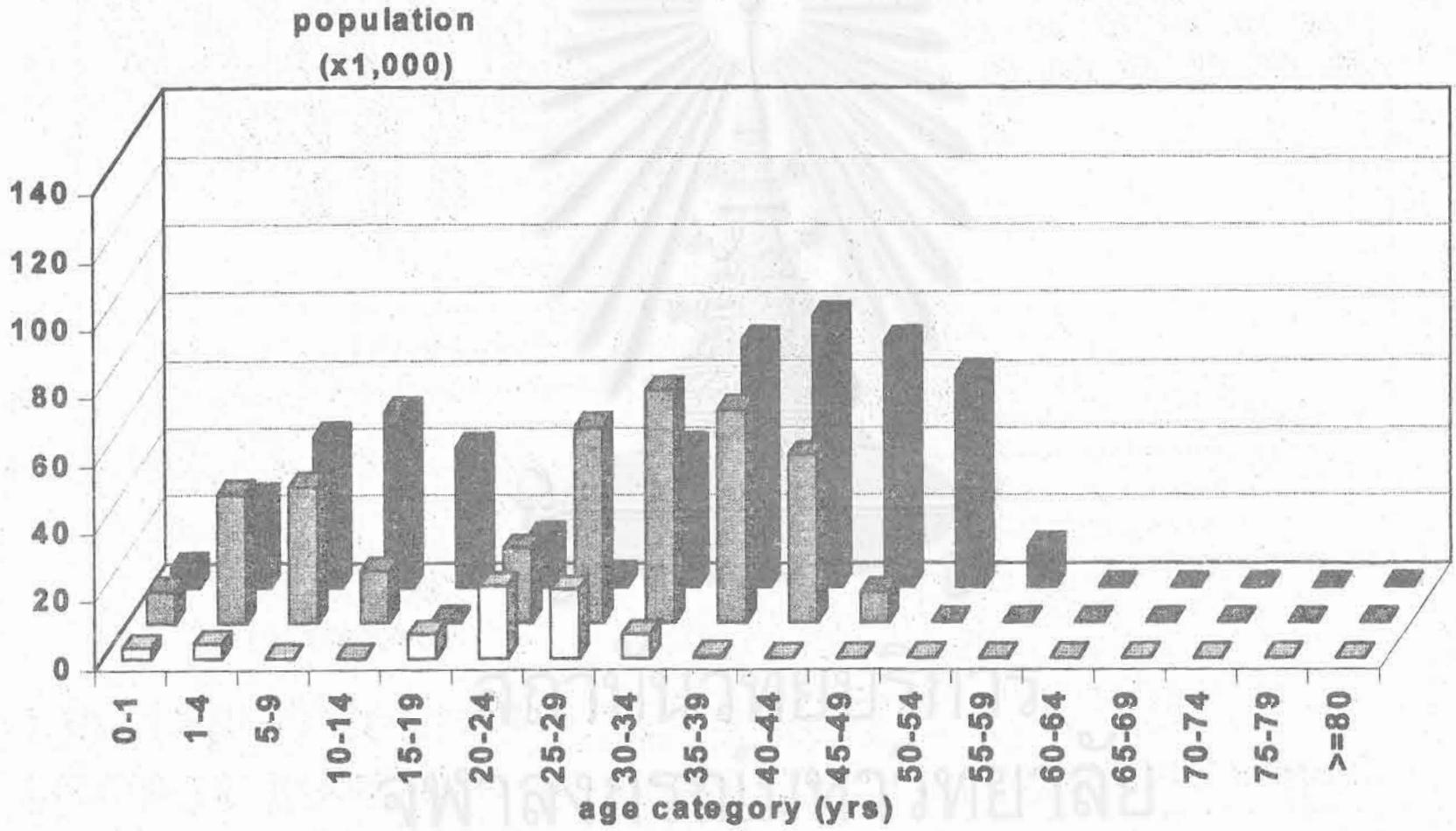
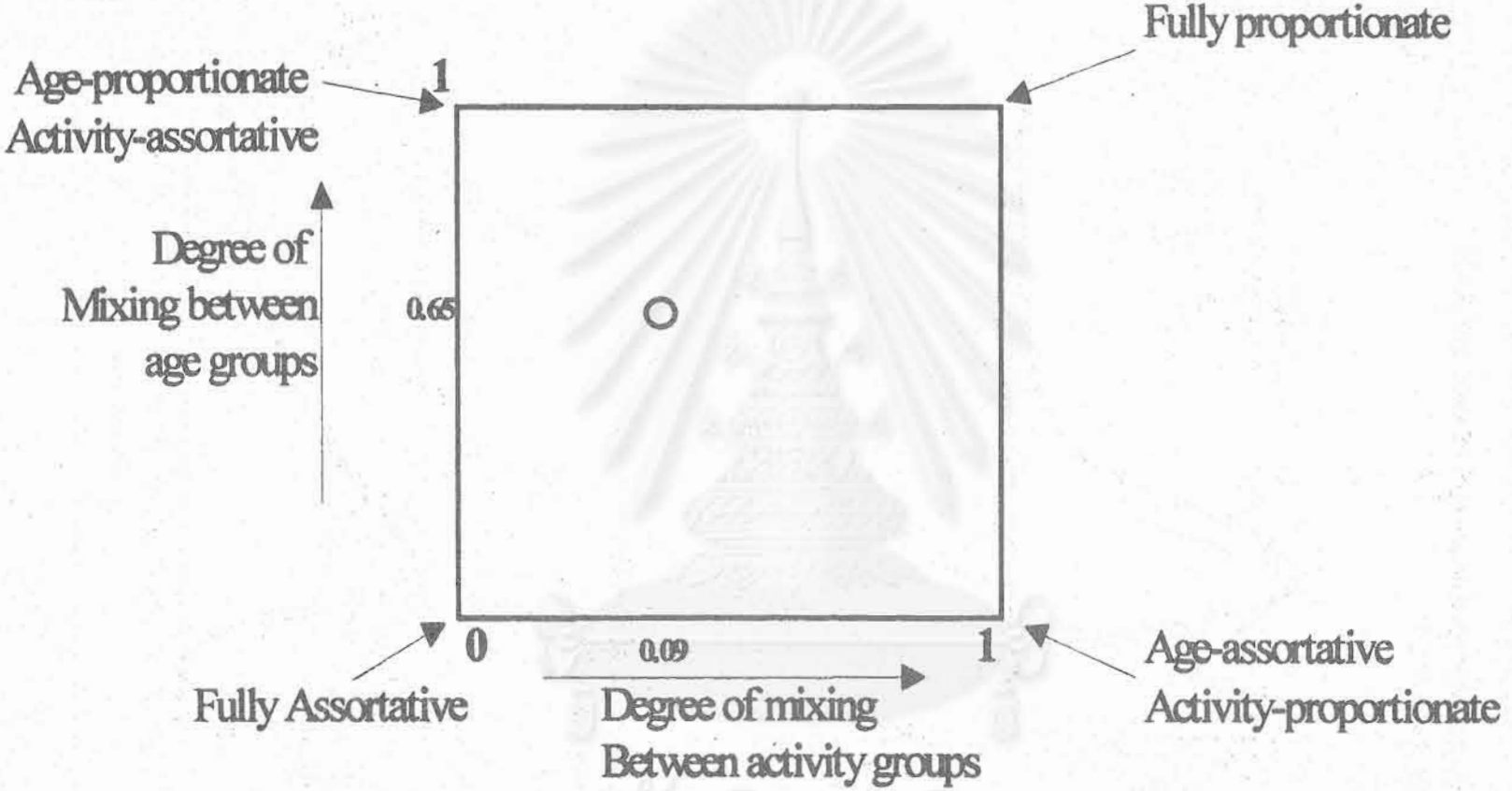


Figure 30. Mixing pattern, North



Epsilon 1 = 0.65

Epsilon 2 = 0.09

Epsilon 3 = 0.80

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Figure 31. HIV prevalence rate of male age 20-21
North, 1985-2014

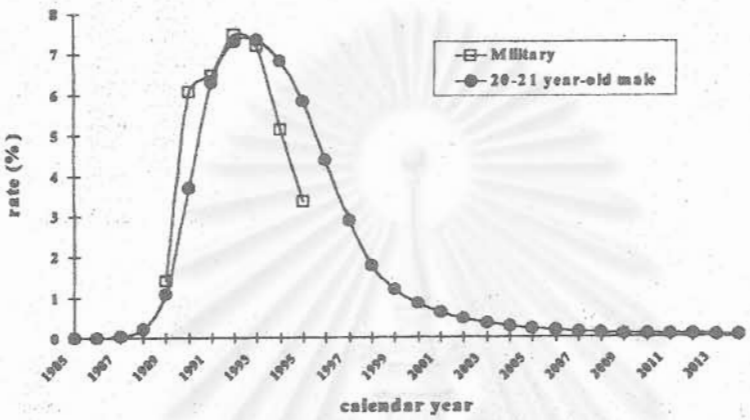


Figure 32. HIV prevalence rate of female age 15-49
North, 1985-2014

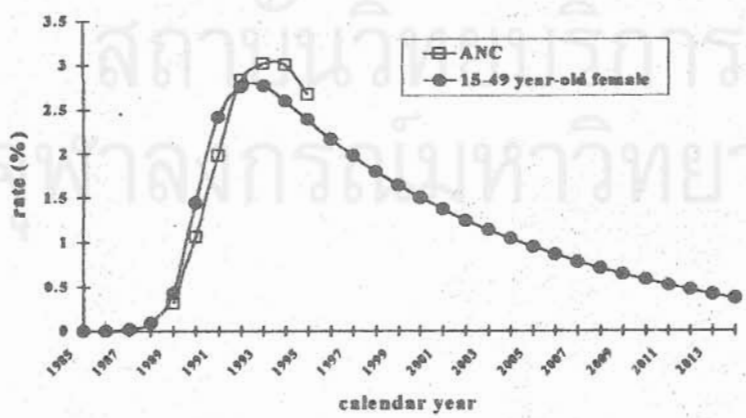


Figure 33. Number of HIV infections, North, 1985-2014

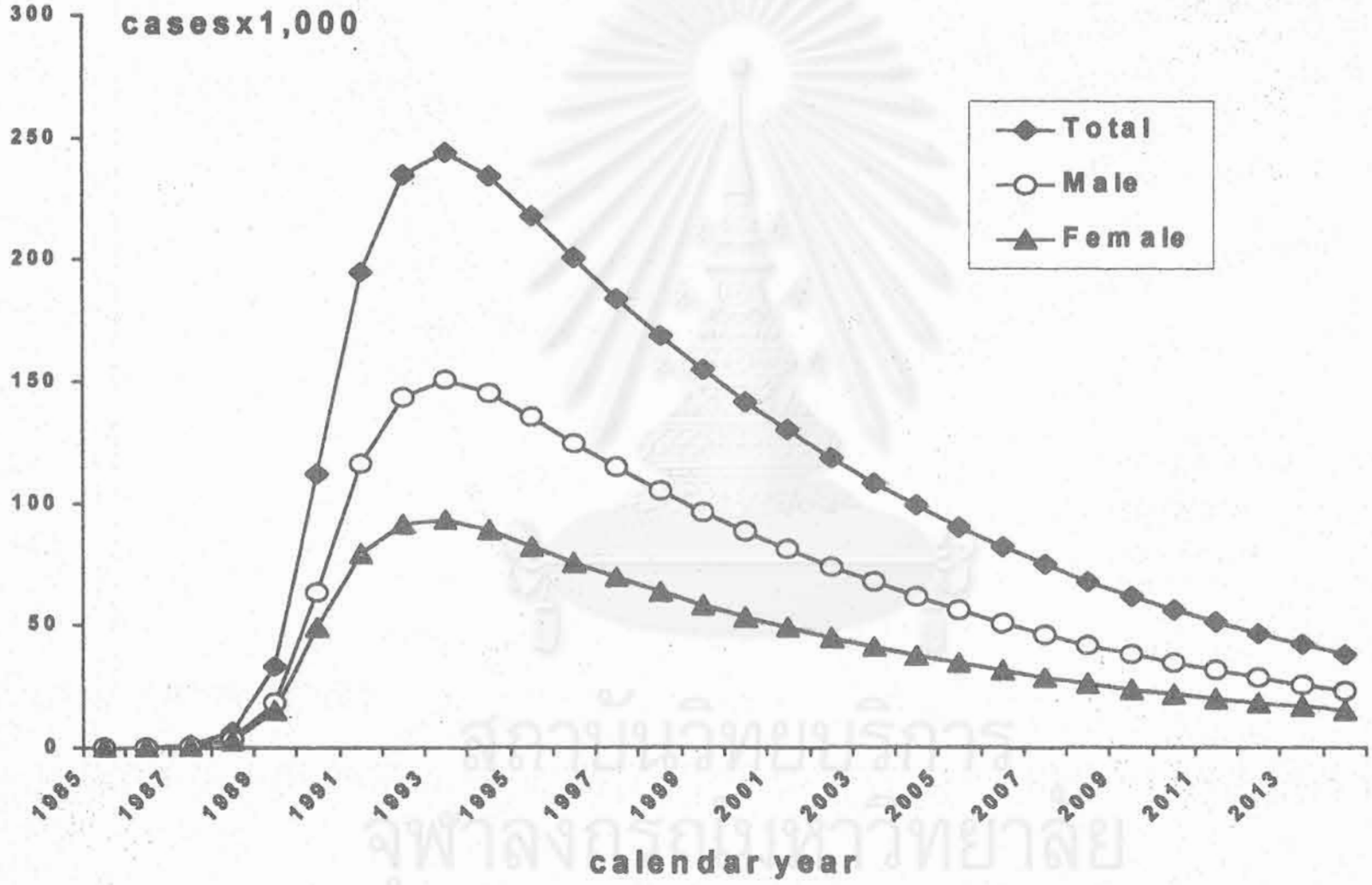


Figure 34. Number of deaths due to AIDS, North, 1985-2014

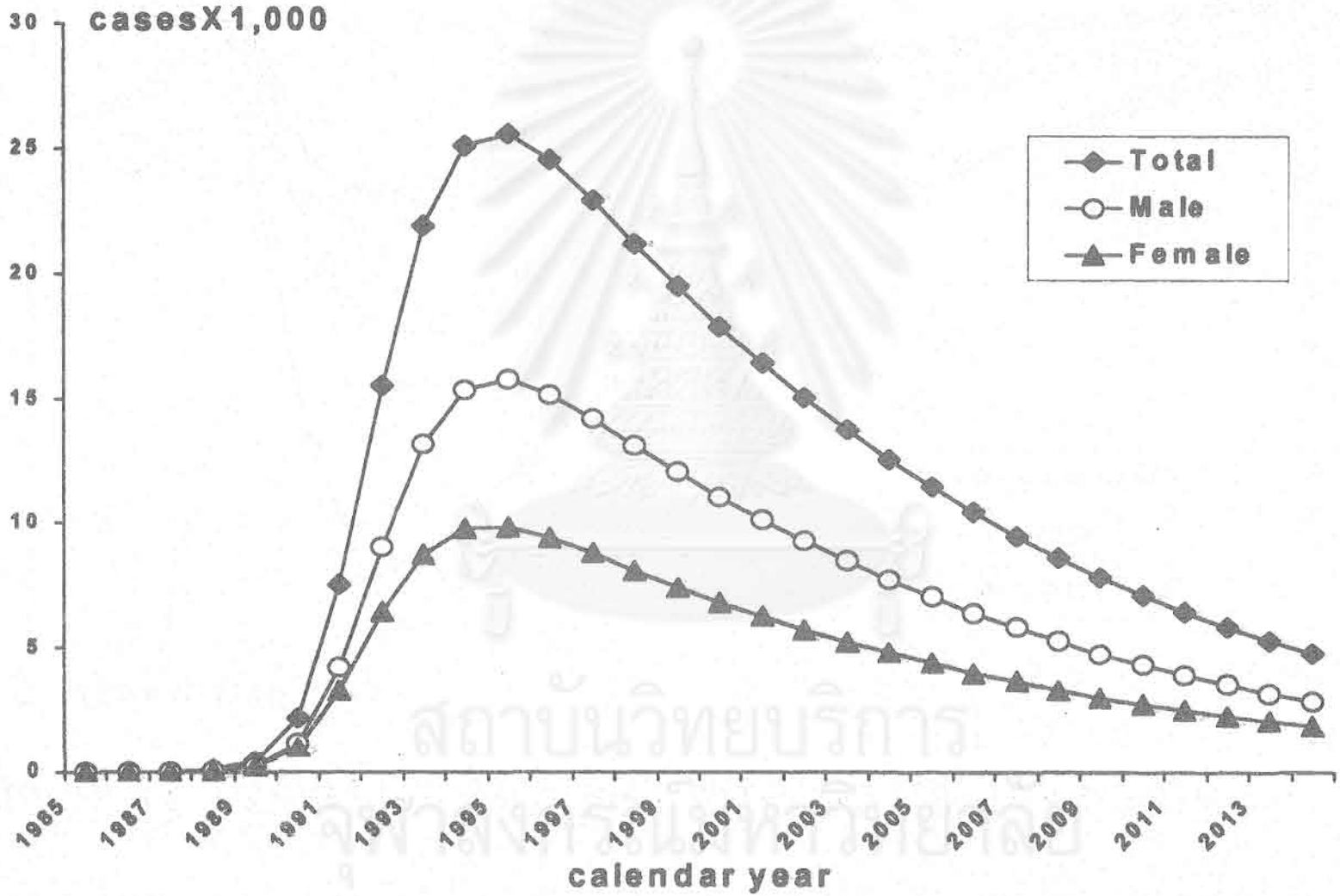


Figure 35. Cumulative incidence of HIV infection, AIDS and death due to AIDS, North, 1985-2014

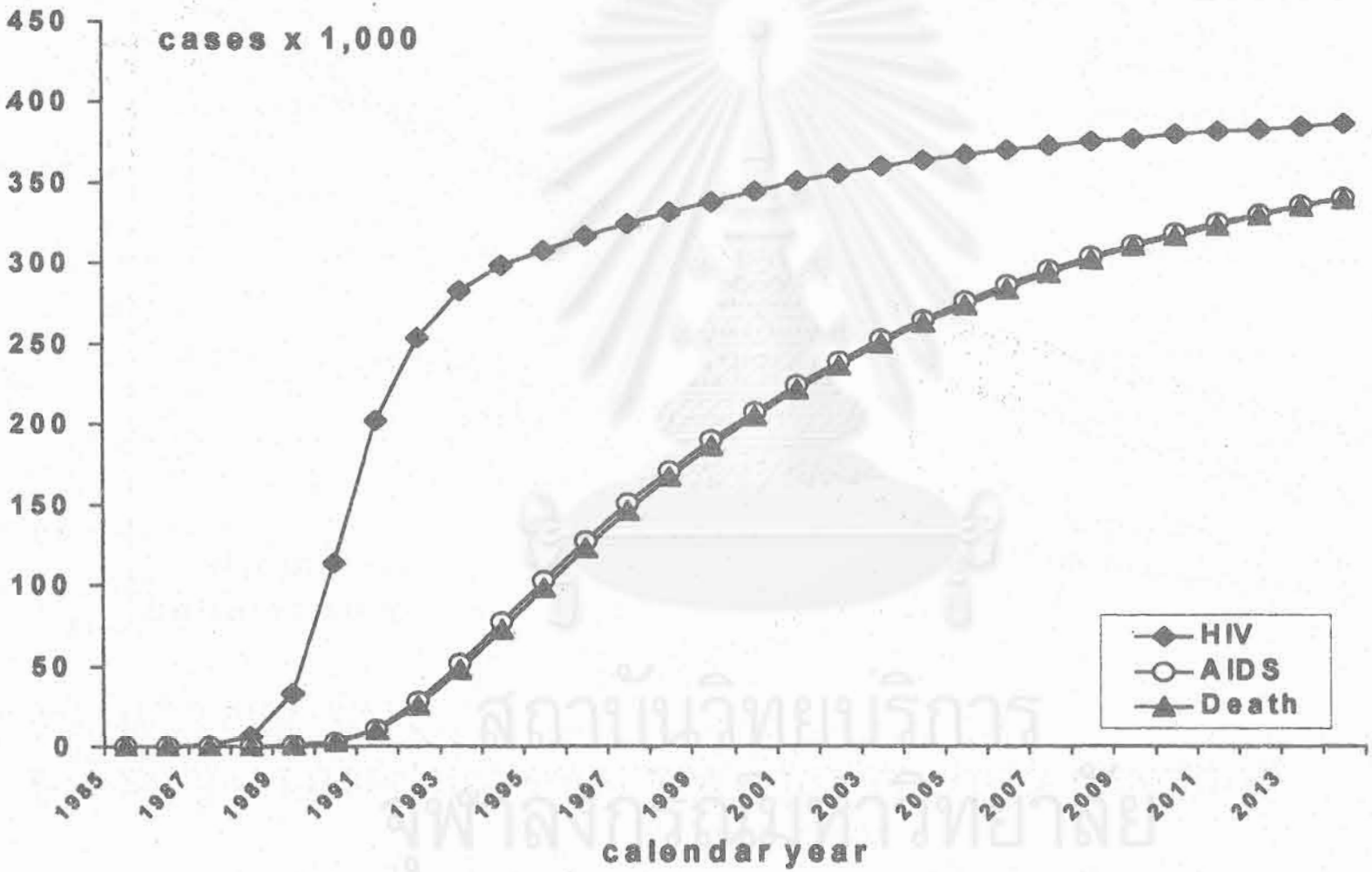


Figure 36. Population with and without AIDS epidemic, North, 1985-2014

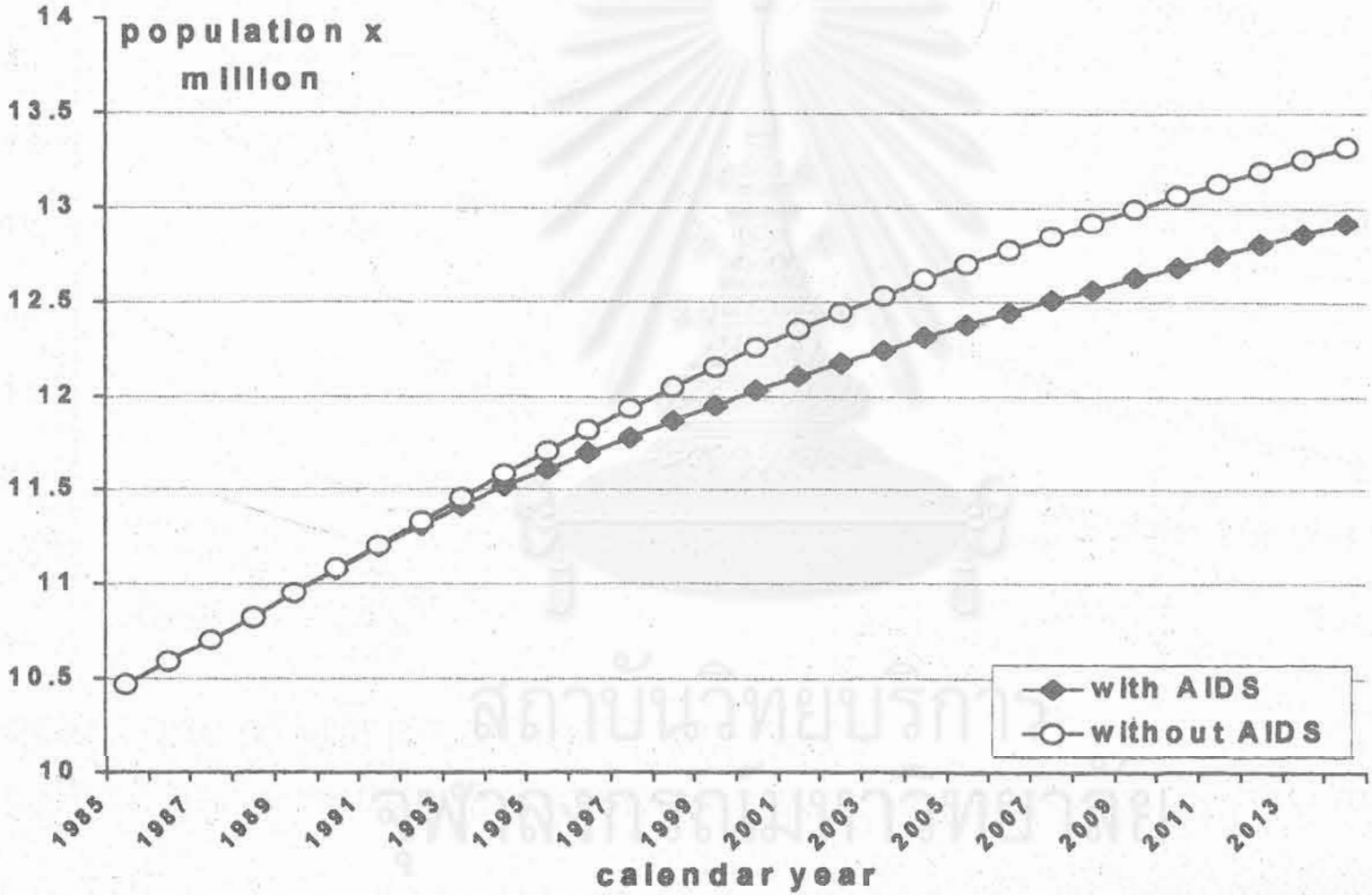


Figure 37. Population growth rate per capita per year, North, 1985-2014

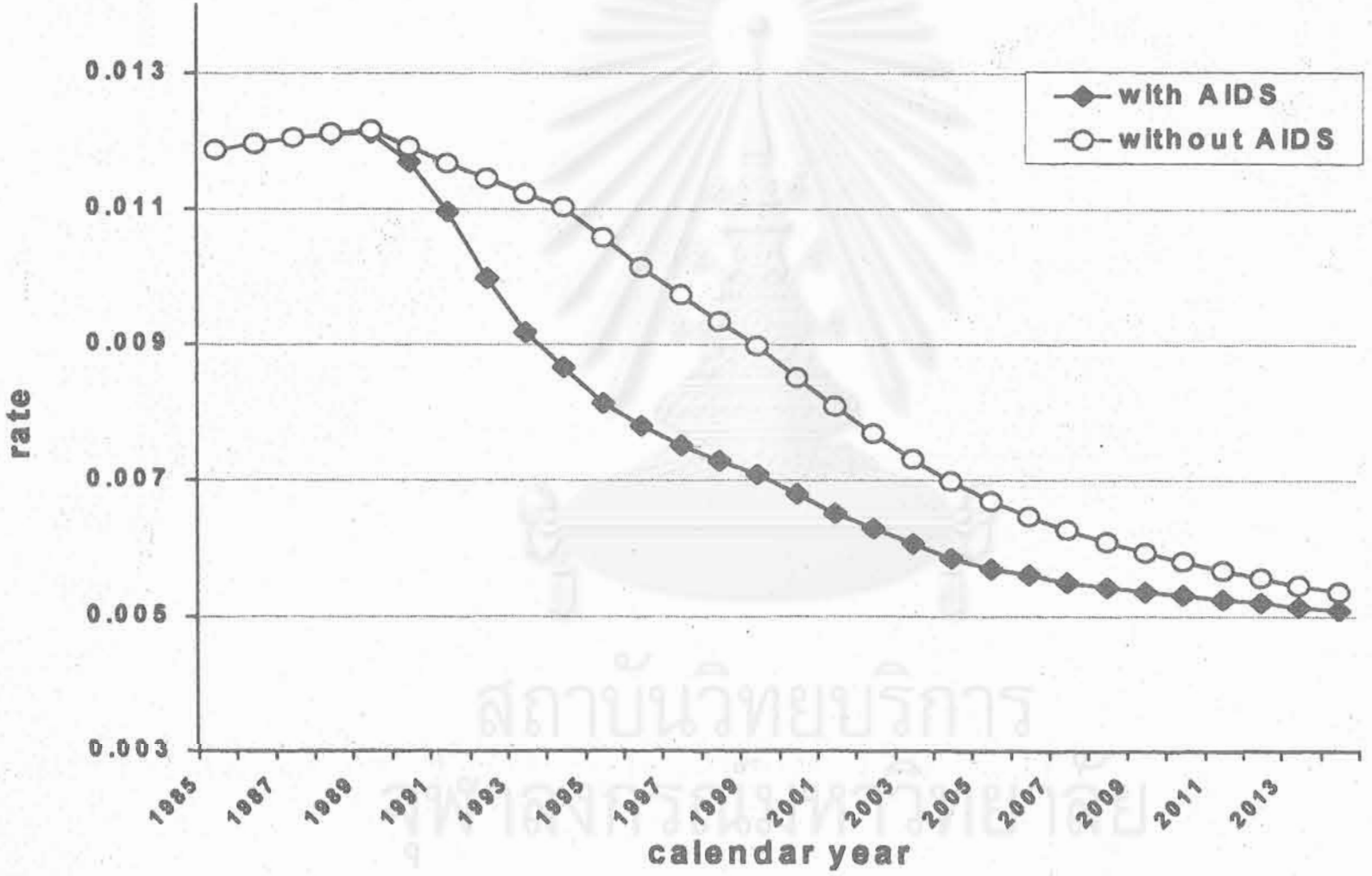


Figure 38. Dependency ratio, North, 1985-2014

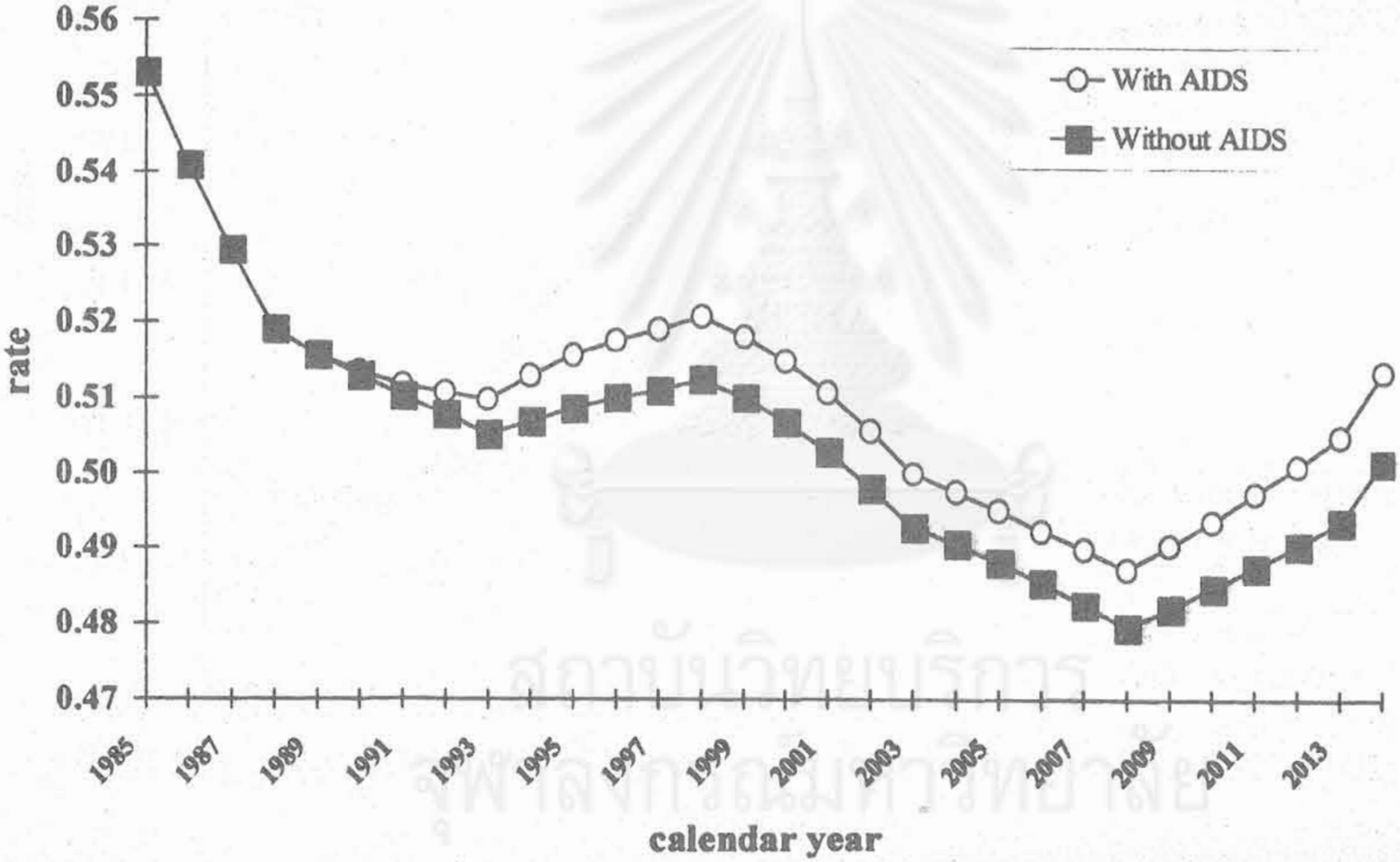
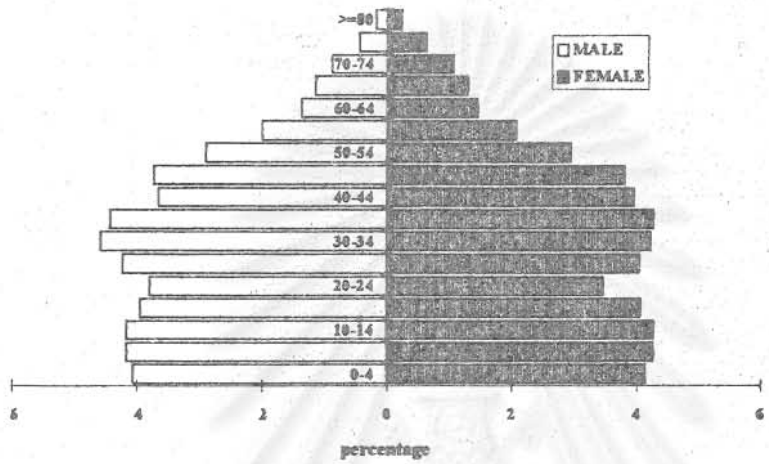


Figure 39. Population by age group with and without AIDS epidemic, 2004

a) without AIDS epidemic



b) with AIDS epidemic

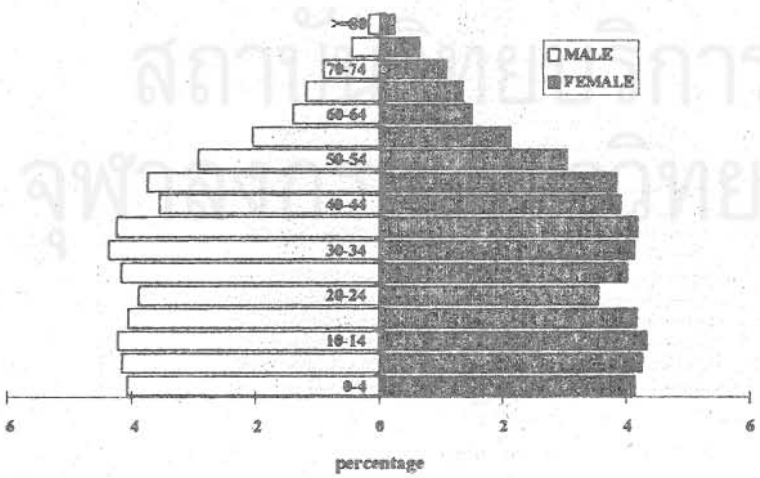
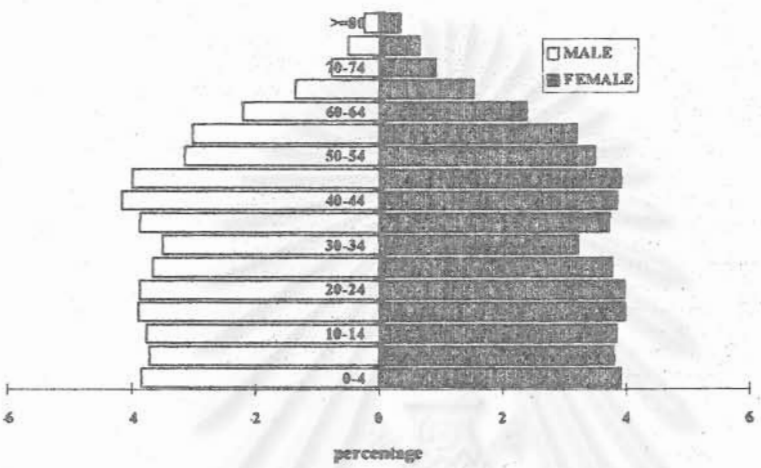


Figure 40. Population by age group with and without AIDS epidemic, North, 2014
a) without AIDS epidemic



b) with AIDS epidemic

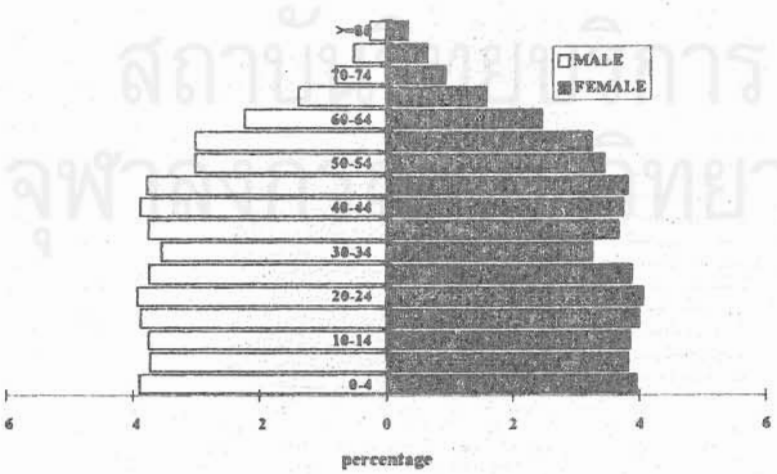


Figure 41. Population difference due to AIDS, North, 2014 (black = difference)

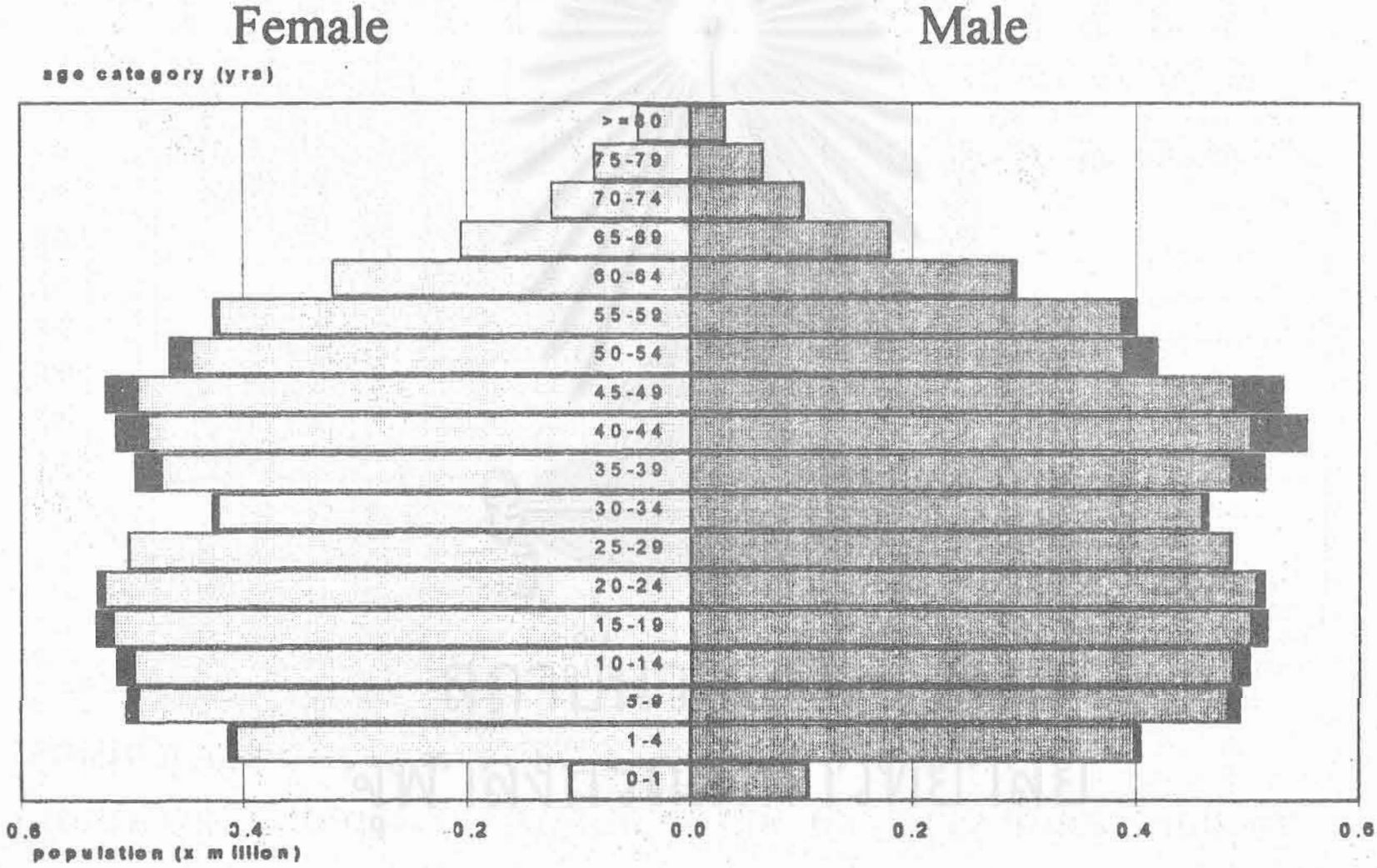


Figure 42. Population difference due to AIDS among males, North, 1994 (white), 2004 (gray), 2014 (black)

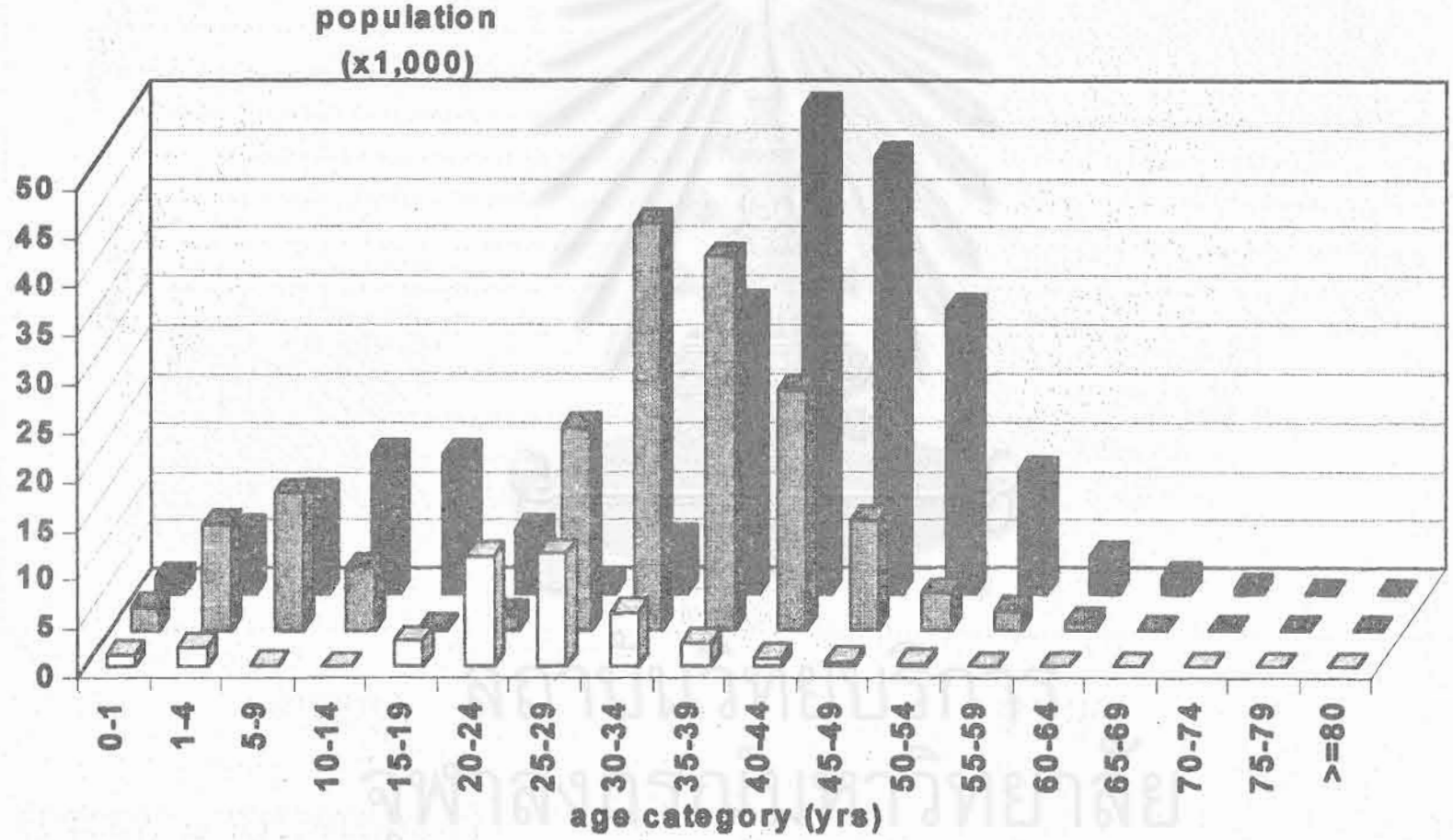


Figure 43. Population difference due to AIDS among females, North, 1994 (white), 2004 (gray), 2014 (black)