บทที่ 2
ทฤษฎีแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษา เรื่องระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการศึกษาแผ่นดินทรุดในเขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร โดยใช้แนวความคิดและทฤษฎีทางภูมิศาสตร์เป็นแนวทางในการศึกษา ซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีและแนวความคิดที่สำคัญ ได้แก่

2.1.1 ทฤษฎีแนวคิดเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) ประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักสำคัญ 2 ส่วนคือ ภูมิศาสตร์ (Geography) และ ระบบสารสนเทศ (Information System)

แอกเคอร์มัน (Ackerman, 1963) กล่าวถึงการศึกษาภูมิศาสตร์ว่า " เป้าหมายของภูมิศาสตร์เป็นการทำความเข้าใจถึงระบบปฏิสัมพันธ์อันมากที่ประกอบไปด้วยมนุษย์และสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติบนพื้นผิวโลก" นอกจากนี้ ยีส (Yeates, 1968) ยังกล่าวว่า "ภูมิศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและทดสอบทฤษฎีอย่างมีเหตุผล เพื่ออธิบายและคาดการณ์ถึงการกระจายทางพื้นที่และตำแหน่งที่ตั้งของลักษณะต่างๆ บนพื้นผิวโลก" จากความหมายดังกล่าวพบว่าภูมิศาสตร์จะเน้นศึกษาในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับพื้นที่ (Star, 1990) ดังนั้น การศึกษาทางด้านภูมิศาสตร์จึงเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับพื้นที่ โดยอาศัยเครื่องมือชนิดหนึ่งได้แก่ แผนที่ (Map) ซึ่งแผนที่จะเป็นเครื่องมือที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะภาพรวมทางภูมิศาสตร์ ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และปรากฏการณ์บนผิวโลก แผนที่จึงถือได้ว่าเป็นข้อมูลสารสนเทศชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อช่วยในการตัดสินใจ

ส่วนระบบสารสนเทศ หมายถึง ระบบที่ทำงานร่วมกันของการปฏิบัติการซึ่งได้มาจากการวางแผนการปฏิบัติและการรวบรวมข้อมูล การกักเก็บ และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยระบบสารสนเทศดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในกระบวนการตัดสินใจ (Decision making process) (Calkins and Tomlinson, 1977) ดังนั้นระบบสารสนเทศจึงประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ หลายส่วน คือ ตัวบุคลากร คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งทำงานประสานกันเพื่อจัดเป็นระบบสารสนเทศสำหรับที่จะนำไปใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการและการตัดสินใจ

องค์ประกอบดังกล่าวทำให้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นระบบที่แตกต่างไปจากระบบสารสนเทศอื่นๆ ดังจะเห็นได้จากคำนิยามต่างๆ ดังนี้

- เบอโร (Burrough, 1994) ได้ให้คำนิยามระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ว่า หมายถึง ชุดเครื่องมือที่มีความสามารถในการเก็บรวบรวม (Collecting) เก็บ (Storing) ค้นคืน (Retrieving) แปลง (Transforming) และแสดงผล (Displaying) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ที่ปรากฏอยู่ตามธรรมชาติที่เรียกว่า โลกที่เป็นจริง (Real world)

- คาสเซิล (Castle, 1993) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นระบบที่ประกอบไปด้วยซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ คอมพิวเตอร์ และหน่วยรับแสดงผลข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์ เพื่อแปลงข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ให้อยู่ในรูปของสารสนเทศ เช่น ที่ตั้ง (Location) ปฏิสัมพันธ์เชิงพื้นที่ และความสัมพันธ์เชิงภูมิศาสตร์ทั้งที่อยู่กับที่และเคลื่อนที่ ทั้งสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ในธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น

- ฮานิแกน (Hanigan, 1998) ได้ให้คำจำกัดความของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบการจัดการข้อมูลที่สามารถ :

  - รวบรวมจัดเก็บและนำสารสนเทศมาใช้ได้อีก โดยมีตำแหน่งเชิงพื้นที่ของสารสนเทศนั้นๆ ด้วย
  - จำแนกตำแหน่งต่างๆ ภายในสภาวะแวดล้อมเป้าหมายตามข้อกำหนดที่ต้องการ
  - แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลภายในสภาวะแวดล้อมเป้าหมายนั้นๆ
  - วิเคราะห์ข้อมูลที่สัมพันธ์กันในเชิงพื้นที่ เพื่อช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมเป้าหมายนั้นๆ
  - ช่วยคัดเลือก และนำส่งข้อมูลให้กับรูปแบบจำลองทางการวิเคราะห์เฉพาะเรื่องที่ทำการประยุกต์ขึ้น ซึ่งสามารถทำให้ทราบถึงผลกระทบของทางเลือกหลายๆ แบบในสภาวะแวดล้อมที่ถูกคัดเลือกมา
  - แสดงผลสภาวะแวดล้อมที่ถูกคัดเลือกมาทั้งในเชิงภาพและเชิงเลขไม่ว่าจะก่อนหรือหลังการวิเคราะห์ก็ตาม

- พาเรนต์ (Parent, 1998) ได้ให้คำจำกัดความของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบที่ประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ และเปลี่ยนกลับไปเป็นข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับวัตถุประสงค์หรือการประยุกต์ใช้บางอย่างได้ โดยลักษณะที่สำคัญของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างสารสนเทศชนิดใหม่ขึ้นมา

กล่าวโดยสรุป ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีเครื่องมือและวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อการรวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนประมวลผลข้อมูลเชิงเลขทั้งหมดให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ตามความประสงค์ของผู้ใช้ได้ โดยจะมีการอ้างอิงตำแหน่งเชิงพื้นที่ของสารสนเทศนั้นๆ

2.1.1.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

เบอโร (Burrough, 1994) ได้แบ่งองค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ชุดของมอดูลซอฟต์แวร์สำหรับทำงาน และสภาพแวดล้อมในองค์กรที่เหมาะสม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ฮาร์ดแวร์หลักของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผลกลาง (Central processing unit: CPU) ซึ่งเชื่อมโยงเข้ากับหน่วยขับจานบันทึกข้อมูลซึ่งมีที่ว่างสำหรับเก็บข้อมูลและโปรแกรม เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer) หรืออุปกรณ์ประเภทอื่นๆ ซึ่งใช้สำหรับแปลงข้อมูลจากแผนที่และเอกสารให้อยู่ในรูปของดิจิทัล หลังจากนั้นจะส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องวาด (Plotter) หรือเครื่องมือแสดงผลแบบอื่นๆ โดยจะเป็นตัวนำเสนอผลจากการประมวลผลข้อมูล เครื่องขับเทป (Tape drive) ใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลหรือโปรแกรมบนเทปแม่เหล็กหรือใช้สำหรับการสื่อสารกับระบบอื่นๆ หรือเครื่องปลายทาง (Terminal) สำหรับให้ผู้ใช้ควบคุมคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์รอบข้าง

2) ชุดซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบไปด้วยหน่วยพื้นฐาน 5 หน่วย ได้แก่ หน่วยนำเข้าข้อมูลและทวนสอบความถูกต้อง หน่วยเก็บข้อมูลและจัดการฐานข้อมูล หน่วยแสดงผลข้อมูลและการนำเสนอ หน่วยแปลงข้อมูล และหน่วยโต้ตอบกับผู้ใช้

ก. หน่วยนำเข้าข้อมูลและทวนสอบความถูกต้อง (Data input) การนำเข้าข้อมูลหมายถึง การแปลงข้อมูลทุกรูปแบบซึ่งข้อมูลดังกล่าวอาจได้จาก แผนที่ การสำรวจภาคสนาม เครื่องรับรู้ เช่น รูปถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม และเครื่องบันทึกให้อยู่ในรูปดิจิทัล โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลได้แก่ เครื่องปลายทางเชิงโต้ตอบ (Interactive terminal) เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer) แฟ้มข้อความ (Text files) เครื่องกราดตรวจ (Scanner) หรือเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลซึ่งบรรจุอยู่ในสื่อแม่เหล็ก (Magnetic media) เช่น เทป และจานแม่เหล็ก

ข. หน่วยเก็บข้อมูลและจัดการฐานข้อมูล เป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่ง ความเชื่อมโยงและลักษณะประจำต่างๆ ขององค์ประกอบทางภูมิศาสตร์ (จุด เส้น พื้นที่ ซึ่งแทนสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกจัดให้เป็นโครงสร้างและเป็นระบบสอดคล้องกับการที่จะนำข้อมูลไปจัดการโดยคอมพิวเตอร์และให้สอดคล้องกับทัศนะของผู้ใช้ด้วย โดยโปรแกรม

คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับจัดการระบบฐานข้อมูลเรียกว่า ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System :DBMS)

ค. หน่วยแสดงผลข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล (Display and reporting) เป็นการแสดงข้อมูลและการรายงานผลการวิเคราะห์ต่อผู้ใช้ข้อมูลโดยสามารถนำเสนอได้ในหลายรูปแบบ เช่น แผนที่ ตาราง กราฟ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลเสมือนหน้าจอภาพ (Visual display terminal) หรือการแสดงผลทางเครื่องพิมพ์ (Printer) เครื่องวาดบนกระดาษหรือฟิล์ม (Plotter) หรือบันทึกข้อมูลในรูปของดิจิทัลบนสื่อแม่เหล็ก (Magnetic media)

ง. หน่วยแปลงข้อมูล (Transformation) มีวิธีการดำเนินการ 2 ประเภท คือ การแปลงข้อมูลเพื่อลบส่วนที่ผิดพลาดออกจากข้อมูล การปรับให้ทันสมัยหรือการจัดคู่กับข้อมูลชุดอื่น และวิธีการวิเคราะห์หลายรูปแบบที่สามารถใช้กับข้อมูลเพื่อตอบคำถามในเรื่องของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ การแปลงข้อมูลสามารถทำได้กับข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลซึ่งไม่อิงพื้นที่ ทั้งนี้อาจดำเนินการร่วมกันหรือแยกจากกันก็ได้ นอกจากนี้การแปลงข้อมูลสามารถทำได้ในหลายรูปแบบอาทิ การเปลี่ยนมาตราส่วน การปรับข้อมูลตามเส้นโครงแผนที่ใหม่ การค้นคืนข้อมูล การคำนวณพื้นที่ เป็นต้น

จ. หน่วยนำเข้าข้อคำถาม (Query input) หน่วยนำเข้าข้อคำถามเป็นหน่วยที่ช่วยให้ผู้ใช้ยอมรับและใช้ประโยชน์จากระบบข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นระบบข้อมูลใดซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางระบบคำสั่งในเมนูหรือผ่านทางภาษาคำสั่งคล้ายภาษาอังกฤษ เช่น

- การสอบถามตำแหน่งของวัตถุหรือเหตุการณ์
- การหาตำแหน่งของพื้นที่ ก. เมื่อเทียบตำแหน่งของพื้นที่ ข.
- การตรวจสอบเหตุการณ์ ก. ว่าเกิดขึ้นกี่ครั้งภายในระยะเวลาหนึ่ง และเกิดห่างจากพื้นที่ ข. เป็นระยะทางเท่าใด
- การแสดงผลลัพธ์ของการเอาข้อมูลเชิงพื้นที่หลายอย่างที่อยู่ในบริเวณเดียวกันมาวางซ้อนกัน
- การหาระยะทางที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจากจุด ก. ไปยังจุด ข. โดยผ่านจุด ค.
- การตรวจสอบว่าวัตถุอะไรติดกับวัตถุที่มีคุณสมบัติบางอย่างที่สำคัญ
- การสร้างแบบจำลองของขบวนการ ก. ภายใต้สถานการณ์ ข. ภายในช่วงเวลาหนึ่งโดยใช้ฐานข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากสภาพจริง

3) สภาพแวดล้อมในองค์กรที่เหมาะสม ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะทำงานได้ไม่เต็มขีดความสามารถ หากขาดความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้หรือองค์กรกับระบบ (แก้ว นวลฉวี และสุภัค วงษ์ปาน, 2536: 261) การนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในองค์กรใดจะต้องทำอย่างถูกต้อง

ในการนำเข้ามาต้องมีแผนงานและต้องมองถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในการนำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการดำเนินการที่ถูกต้อง ซึ่งนอกจากจะลงทุนทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่จำเป็นแล้วยังต้องพิจารณาบุคลากรและผู้บริหารให้ใช้เทคโนโลยีใหม่ภายใต้สภาพขององค์กรที่เหมาะสมด้วย

2.1.1.2 ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

เราสามารถแบ่งข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทคือ (เกริกศักดิ์ บุญญานุพงศ์, 2541: ผนวก 1-2) ข้อมูลกราฟิก (Graphic data) และข้อมูลลักษณะประจำ (Attribute data)

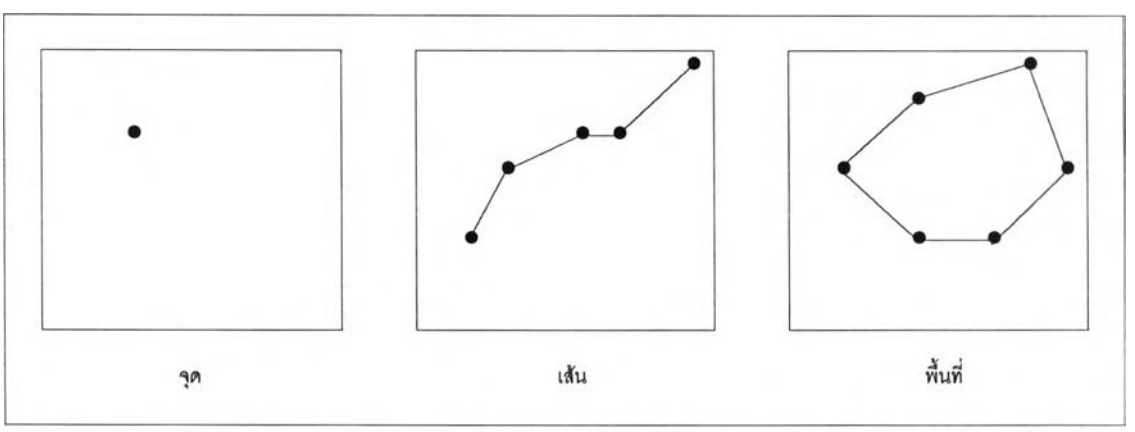
1) ข้อมูลกราฟิก เป็นส่วนที่แสดงสาลักษณ์ (Feature) ต่างๆ บนพื้นผิวโลก โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ จุด (Point) เส้น (Line) และพื้นที่ (Area หรือ Polygon)

- จุด ใช้ในการอ้างอิงถึงตำแหน่งที่ตั้งของสิ่งของต่างๆ หรือสถานที่ที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่สามารถแสดงขอบเขตหรือระยะทางได้ แต่อาจแทนด้วยสัญลักษณ์ เช่น ที่ตั้งของหมู่บ้าน ที่ตั้งโรงเรียน ที่ตั้งบ่อน้ำ เป็นต้น

- เส้น ใช้แสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความยาว แต่ไม่อาจแสดงความกว้างได้ เช่น เส้นทางน้ำ ทางรถไฟ เส้นทางคมนาคม ท่อระบายน้ำ เป็นต้น

- พื้นที่ ใช้แสดงข้อมูลที่มีอาณาบริเวณโดยแสดงเป็นเส้นรอบรูปปิด เช่น พื้นที่ตำบล พื้นที่ลุ่มน้ำ แปลงที่ดิน เป็นต้น

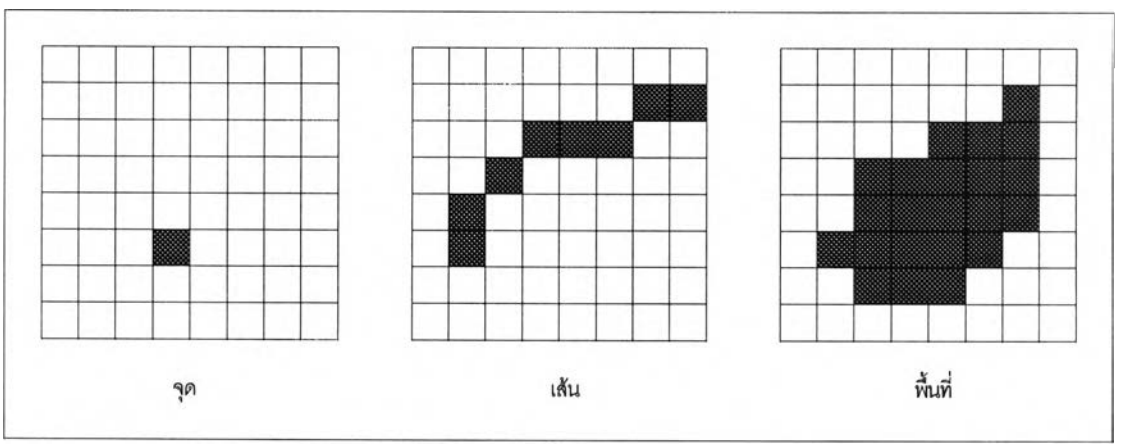
สาลักษณ์ทั้ง 3 ประเภทนี้ (ภาพ 2.1) จะเป็นข้อมูลที่อ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ในแต่ละจุด แต่ละจุดบนเส้นและแต่ละจุดในพื้นที่ โดยอ้างอิงถึงตำแหน่งบนพื้นผิวโลกได้ด้วยพิกัดเส้นลองจิจูดเส้นละติจูด หรือพิกัดกริด



ภาพ 2.1 สาลักษณ์ของ จุด เส้น และพื้นที่

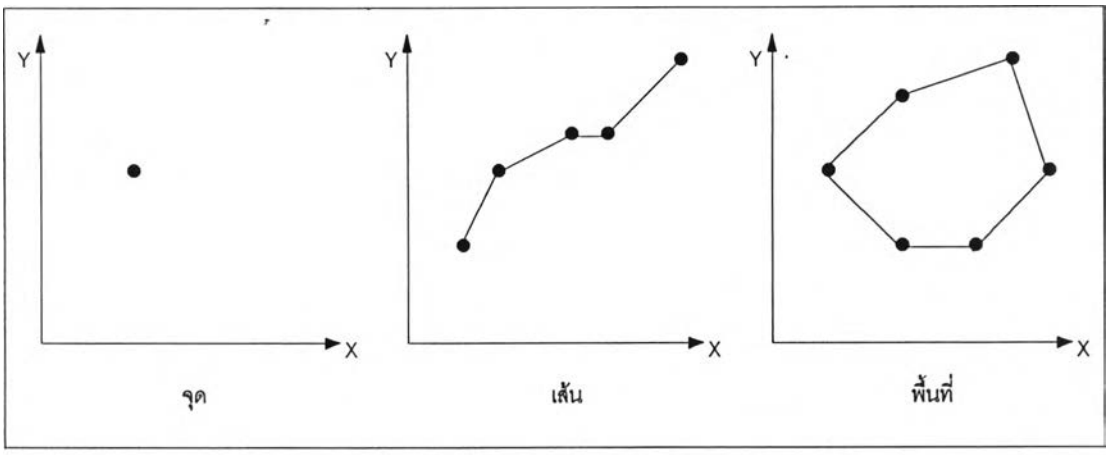
ข้อมูลกราฟิกสามารถจำแนกตามประเภทของโครงสร้างข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท (สรรใจ กลิ่นดาว, 2542: 64) คือ แบบจำลองแรสเตอร์ (Raster model) และแบบจำลองเวกเตอร์ (Vector model)

- แบบจำลองแรสเตอร์ เป็นการแบ่งแผนที่ออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาดเท่าๆ กันซึ่งเรียกว่า เซลล์ หรือ กริด หรือแรสเตอร์ (Raster) โดยตำแหน่งของแต่ละเซลล์จะถูกกำหนดเป็นตัวเลขประจำสดมภ์และแถว โดยค่าที่กำหนดให้ในแต่ละเซลล์จะบ่งบอกถึงค่าของคุณลักษณะที่เซลล์นั้นเป็นตัวแทน เช่น จุดจุดหนึ่งแทนบ้านหลังหนึ่ง จุดนั้นจะถูกแสดงด้วยเซลล์เพียงหนึ่งเซลล์ หรือในกรณีของเส้นถนนจะถูกแสดงด้วยเซลล์หลายๆ เซลล์ที่มีค่าเหมือนกัน เกิดเป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียงต่อเนื่องกันไป หรือพื้นที่จะถูกแสดงด้วยกลุ่มของเซลล์โดยที่ทุกเซลล์มีค่าเหมือนกัน (ภาพ 2.2)



ภาพ 2.2 แบบจำลองแรสเตอร์

- แบบจำลองเวกเตอร์ ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีการจัดเก็บในรูปแบบจำลองเวกเตอร์จะทำให้การกำหนดตำแหน่งต่างๆ บนผิวโลกทำได้แม่นยำขึ้น ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่งจุด เส้น หรือพื้นที่ โดยตำแหน่งต่างๆ บนผิวโลกจะถูกถ่ายโอนลงบนแผนที่โดยใช้ระบบพิกัด X และ Y ในลักษณะที่เป็นสองมิติได้แก่ จุด เส้น และพื้นที่ ในกรณีที่เป็นจุด จุดจะถูกบันทึกบนแผนที่เป็นค่าพิกัด X,Y คู่หนึ่ง ถ้าเป็นเส้นจะถูกบันทึกบนแผนที่เป็นกลุ่มของค่าพิกัด X,Y ชุดหนึ่งและถ้าเป็นขอบเขตพื้นที่ พื้นที่จะถูกบันทึกเป็นกลุ่มของค่าพิกัด X,Y ของเส้นโค้งที่ลากมาบรรจบเป็นขอบเขตพื้นที่นั้นๆ (ภาพ 2.3)



ภาพ 2.3 แบบจำลองเวกเตอร์

2) ข้อมูลลักษณะประจำ เป็นข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะต่างๆ ของข้อมูลกราฟิก โดยจะจัดเก็บในรูปของตาราง (Table) ไม่ว่าข้อมูลกราฟิกดังกล่าวจะเป็นจุด เส้น หรือพื้นที่ก็ตาม ตารางข้อมูลเหล่านี้จะเก็บข้อมูลลักษณะประจำของจุดแต่ละจุด เส้นแต่ละเส้น และพื้นที่แต่ละพื้นที่ โดยที่ข้อมูลเหล่านี้สามารถอ้างอิงถึงจุด เส้นและพื้นที่ในข้อมูลกราฟิกหรือแผนที่ได้ เช่น ข้อมูลกราฟิกของที่ตั้งสถานีตรวจวัดอากาศซึ่งแทนด้วยจุด อาจประกอบด้วยข้อมูลลักษณะประจำต่อไปนี้ คือ ชื่อสถานี ตำแหน่งที่ตั้ง ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะถูกจัดเก็บไว้ในตาราง (ตาราง 2.1) โดยแต่ละแถวของตารางจะบันทึกข้อมูลของสถานีวัดอากาศแต่ละสถานีและทำนองเดียวกันข้อมูลเส้นและพื้นที่จะเก็บข้อมูลเชิงคุณลักษณะและพื้นที่ไว้ในตารางเดียวกัน

ตาราง 2.1 ตัวอย่างข้อมูลลักษณะประจำสถานีตรวจวัดอากาศ

สถานีตรวจวัดอากาศ	ชื่อสถานี	X-Coordinate	Y-Coordinate	ปริมาณน้ำฝน
1	สุขุมวิท	806816	8076585	1132
2	บางนา	796346	8087736	1178
3	ดอนเมือง	797465	8078350	1163

2.1.1.3 ฐานข้อมูล

สมบัติ อยู่เมือง (2540) กล่าวว่า คุณค่าของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ฐานข้อมูล นอกจากนี้ รศ.ศรีสะอาด ตั้งประเสริฐ (2541) กล่าวว่า จุดเด่นของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีลักษณะแตกต่างจากฐานข้อมูลอื่นๆ ก็คือ ฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถให้สารสนเทศที่เป็นภาพได้ ซึ่งประโยชน์ คือ มนุษย์สามารถเข้าใจและเก็บข้อมูลจากภาพได้เร็วกว่าการอ่านจากตัวหนังสือโดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างวัตถุในภาพ

โดยทั่วไปข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะมีการจัดเก็บเป็นไฟล์ ซึ่งเกิดจากการทำงานตามลำดับขั้นตอนต่างๆ ดังนี้คือ

1) การนำเข้าข้อมูล (Data input) เป็นการแปลงข้อมูลจากเดิมที่มีอยู่ในรูปแบบของกระดาษแผนที่ รายงานและสถิติต่างๆ รวมถึงข้อมูลที่ได้จากการสำรวจโดยดาวเทียม รูปถ่ายทางอากาศและระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) ให้เป็นข้อมูลรูปแบบเชิงเลขที่เรียกว่า Digital form สำหรับทำงานกับระบบคอมพิวเตอร์

2) การจัดเก็บข้อมูลและการจัดการฐานข้อมูล (Data storage and database management) ข้อมูลที่มีการรวบรวมจัดเก็บไว้ในระบบคอมพิวเตอร์ทุกประเภท ข้อมูลเหล่านี้จะมีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบเพื่อการเชื่อมโยงข้อมูลและการค้นคืนข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยโปรแกรมที่ทำหน้าที่จัดการกับข้อมูลนี้เรียกว่าระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System, DBMS)

3) ข้อคำถาม (Query) หมายถึง คำถามหรือวัตถุประสงค์ของงานที่ต้องการว่าต้องการค้นหาประมวลผลข้อมูลเพื่อให้ได้คำตอบอะไร โดยผู้ใช้จะต้องเข้าใจและชัดเจนถึงวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เพื่อจะได้ออกแบบโครงสร้างการนำเข้าข้อมูล ลำดับ วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและรูปแบบการแสดงผลข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

4) การวิเคราะห์ข้อมูลและแบบจำลอง (Data analysis and modeling) หมายรวมถึงกระบวนการแก้ไขปรับปรุงข้อมูลให้ถูกต้องสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นต่อไป และรวมถึงการวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลเพื่อให้ได้คำตอบตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

5) การแสดงผล (Output) เป็นการแสดงผลและรายงานผลข้อมูล ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของแผนที่ ตารางข้อมูลหรือภาพ เช่น กราฟ แผนภูมิ เป็นต้น

ฐานข้อมูล (Database) เป็นข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบทำให้สามารถค้นคืนเพื่อทำงานต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างการค้นคืน เช่น เพิ่มเติมข้อมูลใหม่ต่อจากข้อมูลที่มีอยู่แล้วแสดงผลข้อมูลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ แก้ไขข้อมูล เป็นต้น โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ถือได้ว่าเป็นโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลระบบหนึ่ง เช่นเดียวกับโปรแกรมฐานข้อมูลอื่นๆ เช่น DBASE ACCESS ORACLE เป็นต้น (ปทุมพร พั่นเพ็ง, 2540: 3-6) โดยโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูลจะทำหน้าที่ในการจัดเก็บบันทึกโครงสร้างของข้อมูล โครงสร้างแฟ้มข้อมูล ตรวจสอบการนำเข้าข้อมูล เก็บบันทึกข้อมูลและตัวชี้ที่ให้เชื่อมโยงข้อมูลเข้าด้วยกันเพื่อให้การค้นคืนข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) หมายถึง การนำเอาข้อมูลต่างๆ ที่ให้ไว้ในระบบนั้นมาประมวลเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ (สุภัค วงษ์ปาน และอดิศักดิ์ เพชรจรัส, 2540: 201-202) โดยวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อมูลก็คือ การกลั่นกรองสารสนเทศที่เป็นประโยชน์เพื่อสนองความต้องการของผู้บริหารในการใช้เป็นส่วนประกอบสำหรับการตัดสินใจในภาระกิจใด ๆ (สรรใจ กลิ่นดาว, 2542: 7)

โดยทั่วไป ลักษณะของคำถามที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถให้คำตอบได้มี 5 ลักษณะคือ (รติศักดิ์ พลศรี, 2541: 9)

1) คำถามเกี่ยวกับตำแหน่ง (Location) คือ คำถามประเภท What is at.....?
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะช่วยตอบว่า สิ่งใดอยู่ในตำแหน่งใดๆ

2) คำถามเกี่ยวกับเงื่อนไข (Condition) คือ คำถามประเภท What is it.....?
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถช่วยในการตอบว่า มีสิ่งใดที่น่าสนใจอยู่ตำแหน่งใด

3) คำถามเกี่ยวกับแนวโน้ม (Trend) คือ คำถามประเภท What has change since.....?
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถช่วยในการตอบคำถามทั้งสองลักษณะข้างต้นและหาว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรในพื้นที่ช่วงหนึ่งในช่วงเวลาที่ผ่านไป

4) คำถามเกี่ยวกับรูปแบบ (Pattern) คือ คำถามประเภท What spatial pattern exist.....? ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ช่วยในการตอบว่าข้อมูลต่าง ๆ มีรูปแบบความสัมพันธ์กันอย่างไรบ้างหรือไม่ เช่น หาว่ามีความเกี่ยวข้องกันระหว่างการเป็นโรคมะเร็งกับการเข้าอยู่อาศัยใกล้โรงงานแบตเตอรี่หรือไม่

5) คำถามเกี่ยวกับแบบจำลอง (Modeling) คือ คำถามประเภท What if.....? ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถช่วยในการตอบว่า จะเกิดผลอย่างไรถ้ามีเหตุการณ์บางอย่างเกิดขึ้น เช่น จะเกิดผลกระทบอย่างไรถ้ามีการสร้างถนนใหม่ผ่านเมืองเมืองหนึ่ง

กล่าวโดยสรุป คำตอบที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถตอบได้ก็คือ การนำเสนอข้อมูลปัจจุบัน รูปแบบของข้อมูลปัจจุบันและการคาดการณ์ว่าข้อมูลจะเป็นอย่างไรในเวลาหรือสถานที่ต่างๆ (สมบัติ อยู่เมือง, 2540: 35)

2.1.1.5 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

โดยทั่วไป ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานลักษณะต่างๆ ได้ 5 ประเภทใหญ่ๆ (ดาราศรี ดาวเรือง, 2539 : 30-31) คือ การจัดการด้านสาธารณูปโภค โครงข่าย

ถนน การวางแผนทางวิศวกรรม ระบบสารสนเทศที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1) การจัดการด้านสาธารณูปโภค เป็นการประยุกต์ใช้แผนที่มาตราส่วนใหญ่ที่มีความถูกต้องสูง และการวิเคราะห์เครือข่ายของระบบสำหรับการจัดการ เช่น สามารถกำหนดจุดหรือแนวเส้นของท่อหรือสายเคเบิลใต้ดิน การวางแผนเพื่อบำรุงรักษาระบบสาธารณูปโภค การบริการด้านเครือข่ายโทรคมนาคม การวางแผนและติดตามการใช้พลังงาน เป็นต้น

2) โครงข่ายถนน ใช้ข้อมูลแผนที่มาตราส่วนใหญ่และกลางร่วมกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่สำหรับการจัดการด้านเส้นทางสัญจรและการจราจร การกำหนดตำแหน่งบ้านและถนน การคัดเลือกจุดที่เหมาะสม การบริการด้านรถพยาบาล และการวางแผนด้านการขนส่ง

3) การวางแผนทางวิศวกรรม ใช้ข้อมูลแผนที่มาตราส่วนใหญ่และมาตราส่วนกลางร่วมกับแบบจำลองทางวิศวกรรมในงานวิศวกรรมโยธา เช่น การวางแผนที่อยู่อาศัย การวางแผนด้านการกำหนดเส้นทาง การก่อสร้างทางหลวงต่างๆ และการพัฒนาระบบสาธารณูปโภค

4) ระบบสารสนเทศที่ดิน ใช้ข้อมูลแผนที่มาตราส่วนใหญ่และการวิเคราะห์เชิงพื้นที่สำหรับการบริหารที่ดิน การจัดเก็บภาษี การกำหนดขอบเขตการใช้ที่ดิน และการจัดหาที่ดิน

5) การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ใช้ข้อมูลแผนที่มาตราส่วนกลางจนถึงมาตราส่วนเล็กและเทคนิคการวางซ้อนข้อมูลร่วมกับรูปถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างการประยุกต์ เช่น การศึกษาความเหมาะสมของพื้นที่ทางการเกษตร การจัดการป่าไม้ แหล่งน้ำหรือที่ลุ่ม การป้องกันและจัดการด้านภัยธรรมชาติ การกำหนดตำแหน่งที่ทิ้งของเสียและวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

2.1.2 ทฤษฎีแนวคิดเกี่ยวกับผังเมือง

ในการศึกษานี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับผังเมืองโดยแบ่งเนื้อหาในส่วนนี้ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ขอบเขตผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร วิวัฒนาการของเมือง และมาตรฐานการกำหนดประโยชน์การใช้ที่ดิน

2.1.2.1 ขอบเขตผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร

กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทยได้จัดกลุ่มเขตปกครอง 38 เขตของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2532 เป็น 3 กลุ่ม ตามที่ตั้งของเขตได้ดังนี้ (ภาพ 2.4)

1) พื้นที่วงแหวนชั้นใน ประกอบด้วยเขตการปกครอง 17 เขต คือ คลองสาน ปทุมวัน ดุสิต ธนบุรี บางกอกน้อย บางกอกใหญ่ บางคอแหลม บางซื่อ บางพลัด บางรัก ป้อมปราบศัตรูพ่าย พญาไท พระนคร ยานนาวา ราชเทวี สัมพันธ์วงศ์ และสาทร
2) พื้นที่วงแหวนชั้นกลาง ประกอบด้วยเขตการปกครอง 12 เขต คือ คลองเตย จตุจักร จอมทอง ดินแดง บางกะปิ บางเขน พระโขนง ภาษีเจริญ ลาดพร้าว ราษฎร์บูรณะ ห้วยขวาง และสวนหลวง
3) พื้นที่วงแหวนชั้นนอก ประกอบด้วยเขตการปกครอง 9 เขต คือ ดอนเมือง ตลิ่งชัน บางขุนเทียน บึงกุ่ม ประเวศ มีนบุรี ลาดพระบัง หนองแขม และหนองจอก

เมื่อนำเกณฑ์การจัดแบ่งเขตการปกครองตามอัตราการเพิ่มของประชากรผนวกกับเกณฑ์การจัดแบ่งเขตการปกครองตามที่ตั้งของเขต (พื้นที่วงแหวนชั้นใน พื้นที่วงแหวนชั้นกลาง และพื้นที่วงแหวนชั้นนอก) ทำให้สามารถจำแนกพื้นที่ระดับเขตของกรุงเทพออกเป็น 8 กลุ่มดังนี้

1) พื้นที่อิ่มตัวในพื้นที่วงแหวนชั้นใน ประกอบด้วยเขตการปกครอง 8 เขต คือ ธนบุรี บางซื่อ บางพลัด บางรัก ปทุมวัน พญาไท ยานนาวา และสาทร
2) พื้นที่ขยายตัวช้าในพื้นที่วงแหวนชั้นใน ประกอบด้วยเขตการปกครอง 6 เขต คือ คลองสาน ดุสิต บางกอกใหญ่ บางคอแหลม พระนคร และสัมพันธวงศ์
3) พื้นที่ขยายตัวช้าในพื้นที่วงแหวนชั้นกลาง ประกอบด้วยเขตการปกครอง 3 เขต คือ คลองเตย จตุจักร และจอมทอง
4) พื้นที่ขยายตัวปานกลางในพื้นที่วงแหวนชั้นใน ประกอบด้วยเขตปกครอง 3 เขต คือ บางกอกน้อย ป้อมปราบศัตรูพ่าย และราชเทวี
5) พื้นที่ขยายตัวปานกลางในพื้นที่วงแหวนชั้นกลาง ประกอบด้วยเขตการปกครอง 6 เขต คือ บางกะปิ พระโขนง ภาษีเจริญ ราษฎร์บูรณะ ลาดพร้าว และห้วยขวาง
6) พื้นที่ขยายตัวปานกลางในพื้นที่วงแหวนชั้นนอก ประกอบด้วยเขตการปกครอง 5 เขต คือ ดอนเมือง บางขุนเทียน ประเวศ สวนหลวง และหนองจอก
7) พื้นที่ขยายตัวเร็วในพื้นที่วงแหวนชั้นกลาง ประกอบด้วยเขตการปกครอง 2 เขต คือ ดินแดง และบางเขน
8) พื้นที่ขยายตัวเร็วในพื้นที่วงแหวนชั้นนอก ประกอบด้วยเขตการปกครอง 5 เขต คือ ตลิ่งชัน บึงกุ่ม มีนบุรี ลาดกระบัง และหนองแขม

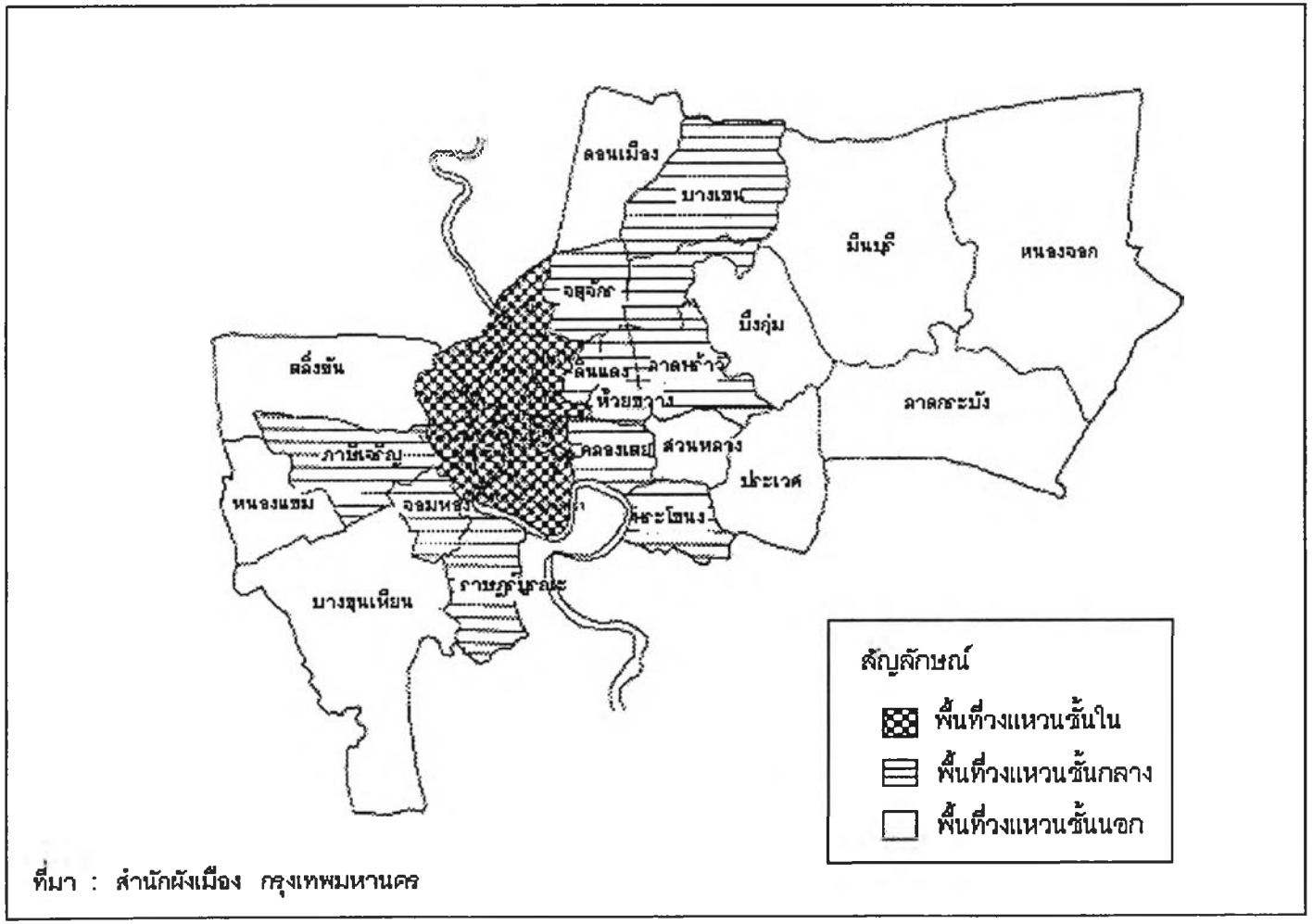
กรุงเทพมหานครได้แบ่งเขตการปกครองเป็น 50 เขต ในปี พ.ศ. 2541 ซึ่งจำแนกเขตกลุ่มพื้นที่เขตได้ดังนี้ (สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร, 2542) (ภาพ 2.5)

1) เขตเมืองชั้นใน (Inner City) ประกอบด้วยศูนย์กลางเมืองเดิมและเขตต่างๆ รวม 22 เขต เป็นพื้นที่ที่มีการตั้งถิ่นฐานชุมชนในระยะแรก พื้นที่อนุรักษ์ทางประวัติศาสตร์ สถานที่ราชการ สถานศึกษา ย่านธุรกิจการค้าหนาแน่น จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎรมีแนวโน้มลดลงแต่ความหนาแน่นประชากรในเขตต่างๆ ส่วนใหญ่เกินกว่า 10,000 คนต่อตารางกิโลเมตร ได้แก่ พระนคร สัมพันธวงศ์ ปทุมวัน ราชวิถี ดุสิต ป้อมปราบศัตรูพ่าย บางรัก พญาไท บางพลัด บางกอกน้อย บางกอกใหญ่ สาทร ธนบุรี ยานนาวา วัฒนา บางซื่อ คลองสาน คลองเตย จตุจักร ห้วยขวาง ดินแดง และบางคอแหลม
2) เขตชั้นกลางหรือเขตต่อเมือง (Urban Fringe) เป็นเขตที่มีการขยายตัวของประชากร กิจกรรมทางการค้าและที่อยู่อาศัยอย่างต่อเนื่อง โดยตั้งอยู่ในรัศมีระหว่าง 10-20 กิโลเมตรจากศูนย์กลางเมืองและในปัจจุบันเป็นบริเวณที่มีการพัฒนาเมืองอย่างกระจัดกระจาย (Urban Sprawl) ประกอบด้วยพื้นที่ทางฝั่งตะวันออก 14 เขต ได้แก่ หลักสี่ ดอนเมือง บางเขน สายไหม ลาดพร้าว บางกะปิ พระโขนง บางนา ประเวศ บึงกุ่ม สวนหลวง วังทองหลาง คันนายาว สะพานสูง และทางฝั่งตะวันตก 8 เขต ได้แก่ ทุ่งครุ ตลิ่งชัน ทวีวัฒนา ภาษีเจริญ บางแค หนองแขม ราษฎร์บูรณะ จอมทอง
3) เขตชั้นนอกหรือเขตชานเมือง (Suburban) เป็นพื้นที่เขตชั้นนอกของกรุงเทพมหานคร ซึ่งยังมีพื้นที่ว่างและพื้นที่เกษตรกรรมอยู่เป็นส่วนใหญ่ โดยมีลักษณะผสมระหว่างเมืองและชนบท และเป็นเขตที่อยู่ห่างจากศูนย์กลางเมืองเกินกว่า 20 กิโลเมตร ประกอบด้วยพื้นที่ทางฝั่งตะวันออก 4 เขต ได้แก่ มีนบุรี หนองจอก คลองสามวา ลาดกระบัง และทางฝั่งตะวันตก 2 เขต ได้แก่ บางบอน บางขุนเทียน

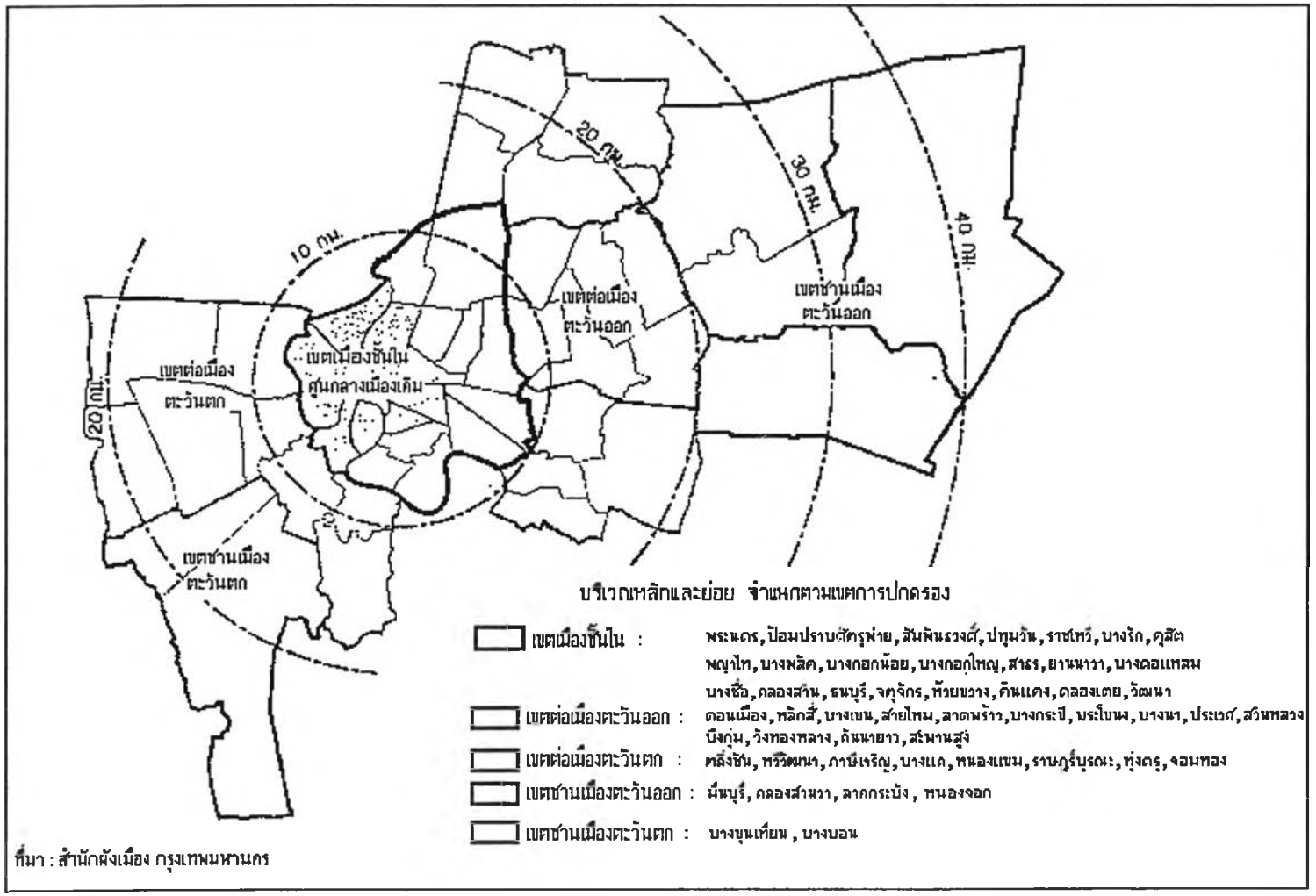
2.1.2.2 วิวัฒนาการของเมือง

เทเล่อร์ (Taylor, 1959) กล่าวถึง วิวัฒนาการของเมือง (Urban Evolution) เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างภายในของเมือง พบว่า วิวัฒนาการของเมืองมีอยู่ 4 ระดับ คือ

1) ขั้นทารก เริ่มต้นในการรวมตัวเป็นชุมชนเมืองขนาดเล็ก ไม่มีการแบ่งแยกการใช้ที่ดินให้เห็นชัดเจน
2) ขั้นวัยรุ่น มีการแบ่งแยกการใช้ที่ดินเป็นบริเวณที่พักอาศัย แต่มีอุตสาหกรรมรวมอยู่ในครัวเรือน
3) ขั้นผู้ใหญ่ โครงสร้างภายในแบ่งเป็นที่พักอาศัย พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรมอย่างเห็นได้ชัด
4) ขั้นชรา เป็นเมืองที่มีโครงสร้างภายในเสื่อมโทรม อันเนื่องมาจากการเติบโตเต็มที่



ภาพ 2.4 แผนที่แสดงการจัดกลุ่มเขตการปกครองของกรุงเทพมหานคร



ภาพ 2.5 แผนที่กรุงเทพมหานคร จำแนกออกเป็น 5 บริเวณ

2.1.2.3 มาตราฐานการกำหนดประโยชน์การใช้ที่ดิน

ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (ปรับปรุงครั้งที่1) ได้กำหนดประโยชน์การใช้ที่ดินให้สอดคล้องกับโครงสร้างทางเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน การบริการสาธารณูปโภคและสาธารณูปการที่เพียงพอและได้มาตราฐานเป็น 14 ประเภท ดังนี้

1) ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย (สีเหลือง) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับการอยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว บ้านแฝดและบ้านแถวเป็นส่วนใหญ่ เพื่อส่งเสริมการอยู่อาศัย ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่ดีและรักษาบริเวณที่อยู่อาศัยที่ดีไว้สำหรับชุมชนชานเมือง
2) ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง (สีส้ม) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับการอยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว บ้านแฝดและบ้านแถว ในเขตชั้นกลางของเมืองในบริเวณที่มีระบบคมนาคมขนส่งที่มีประสิทธิภาพและมีบริการสาธารณูปโภครองรับ
3) ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก (สีน้ำตาล) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับการอยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว บ้านแฝด บ้านแถว อาคารชุด หอพัก หรืออาคารขนาดใหญ่เป็นส่วนใหญ่ เพื่อส่งเสริมการพัฒนาที่อยู่อาศัยลักษณะอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่ใกล้บริเวณศูนย์กลางเมือง
4) ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม (สีแดง) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับประกอบการพาณิชยกรรม การบริหารธุรกิจ การบริการด้านการท่องเที่ยวและการบันเทิงเป็นส่วนใหญ่ เพื่อส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจและประกอบธุรกิจบริเวณศูนย์กลางเมือง
5) ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม (สีม่วง) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อส่งเสริมการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมทุกจำพวกในทำเลที่ตั้งของกรุงเทพมหานคร ที่ดินประเภทคลังสินค้า (สีม่วงเม็ดมะปราง) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อส่งเสริมการประกอบกิจการคลังสินค้า และการประกอบการเกี่ยวกับการบรรจุสินค้าในภาชนะหรือการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ โดยไม่มีการผลิต
6) ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ (สีม่วงอ่อน) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อส่งเสริมการประกอบอุตสาหกรรมบริการขนาดเล็ก เพื่อสนับสนุนการประกอบกิจการพาณิชยกรรม อยู่อาศัย ท่องเที่ยว ประมง คลังสินค้า การคมนาคมและขนส่ง
7) ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม (สีเขียว) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อส่งเสริมการประกอบการเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมที่ดีของการตั้งถิ่นฐานในเขตชานเมืองและคุ้มครองพื้นที่เกษตรกรรม

8) ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สีเขียวอ่อน) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อนันทนาการ รักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของเมือง เพื่อส่งเสริมสภาพแวดล้อมริมถนนสายหลักและรักษาสภาพแวดล้อมริมแม่น้ำ ลำคลอง
9) ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา (สีเขียวมะกอก) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการศึกษาหรือเกี่ยวข้องกับการศึกษา สถาบันราชการ หรือสาธารณะประโยชน์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเท่านั้น
10) ที่ดินประเภทอนุรักษ์เพื่อส่งเสริมเอกลักษณ์ศิลปวัฒนธรรมไทย (สีขาวมีกรอบและเส้นทแยงสีเขียว) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อดำรงและรักษาที่ดิน เพื่อเกษตรกรรมที่เหมาะสมในพื้นที่ด้านตะวันตก และเพื่อควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำในด้านตะวันออก เพื่อให้สอดคล้องกับระบบป้องกันน้ำท่วมและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ
11) ที่ดินประเภทอนุรักษ์เพื่อส่งเสริมเอกลักษณ์ศิลปวัฒนธรรมไทย (สีน้ำตาลอ่อน) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อส่งเสริมอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและสภาพแวดล้อมซึ่งมีคุณค่าทางศาสนา ศิลปกรรม สถาปัตยกรรม ประวัติศาสตร์และโบราณคดี เพื่อดำรงความเป็นเอกลักษณ์ของกรุงเทพมหานครและของชาติ
12) ที่ดินประเภทศาสนา (สีเทาอ่อน) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการศาสนาหรือเกี่ยวข้องกับศาสนาเท่านั้น
13) ที่ดินประเภทสถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ (สีน้ำเงิน) มีวัตถุประสงค์ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการของรัฐ กิจการเกี่ยวกับการสาธารณูปโภคและสาธารณูปการหรือสาธารณะประโยชน์เท่านั้น

เขตบึงกุ่มเป็นเขตต่อเมืองด้านตะวันออกที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินหลายหลากประเภท ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย (สีเหลือง)
2) ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม (สีแดง)
3) ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม (สีม่วง)
4) ที่ดินประเภทคลังสินค้า (สีม่วงเม็ดมะปราง)
5) ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม (สีเขียว)
6) ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สีเขียวอ่อน)
7) ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา (สีเขียวมะกอก)
8) ที่ดินประเภทศาสนา (สีเทาอ่อน)
9) ที่ดินประเภทสถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ (สีน้ำเงิน)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

สุรีรัตน์ ณ นคร (2526) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและผลกระทบทางเศรษฐกิจ สังคมที่มีต่อเกษตรกร กรณีศึกษา เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเขตหนองแขมแต่ละประเภท ทั้งภาคเกษตร และภาคนอกเกษตรนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ว่างเปล่าที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรมและพื้นที่เกษตรกรรม ขณะเดียวกันก็มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อกิจกรรมต่างๆ เช่นเดียวกัน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินคือ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในรูปแบบของระบบการคมนาคมทางถนน การเพิ่มจำนวนประชากร การขยายตัวของโรงแรม อุตสาหกรรม และที่พักอาศัยเป็นสำคัญ

วีรนิต ฐานสุพร (2532) ได้ศึกษาแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย และอุตสาหกรรมในเขตมีนบุรี ซึ่งเป็นเขตชานเมืองทางด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร โดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักคือ การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรซึ่งมีพื้นที่ประมาณร้อยละ 61 ของพื้นที่ แต่ในปัจจุบันการใช้ที่ดินเพื่ออยู่อาศัย อุตสาหกรรม และการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ เช่น การจัดสวนเกษตร สนามกอล์ฟ ฯลฯ ได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น จึงได้รับผลกระทบจากการขยายตัวของกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขยายตัวทางด้านประชากรและพื้นที่เมือง ซึ่งเป็นผลให้พื้นที่เกษตรลดลงอย่างต่อเนื่อง

2.2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับสาเหตุการทรุดตัวของพื้นดิน

อะกากิ (Akaki ,1979) ได้ทำการศึกษาวิจัยในประเทศญี่ปุ่น โดยการติดตั้งโครงข่ายเครื่องวัดการทรุดตัวของพื้นดินในพื้นที่บริเวณกว้างและเป็นระยะเวลานาน ทำให้ทราบว่าการทรุดตัวของพื้นดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ และได้สรุปว่าการทรุดตัวของพื้นดินเกิดจากการกระทำของมนุษย์มิใช่เกิดโดยธรรมชาติ เพราะว่าการทรุดตัวของพื้นดินโดยธรรมชาติที่เกิดโดยการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกนั้นมีอัตราการทรุดตัวไม่ถึง 0.3 เซนติเมตรต่อปี ในขณะที่การสูบน้ำบาดาลทำให้แผ่นดินทรุดตัวในอัตราการทรุด ระหว่าง 3-30 เซนติเมตรต่อปี นั่นคือการทรุดตัวของพื้นดินที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์นั้นมีมากกว่าการทรุดตัวโดยธรรมชาติถึง 10-100 เท่า และการทรุดตัวของแผ่นดินยังเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่มีการย้อนกลับ นั่นคือ ถ้าพื้นดินทรุดลงไปแล้วจะไม่มีโอกาสคืนตัวขึ้นสู่ระดับสูงเดิมได้อีก

แบรนด์ และบลาสุพรามาเนียม (Brand and Balasubramaniam, 1976) ได้ทำการศึกษาเพื่อคาดการณ์แนวโน้มของการทรุดตัวของพื้นดินในอนาคต และผลจากการศึกษาคาดว่าถ้าระดับน้ำบาดาลลดลงไป 20 เมตร 30 เมตรและ 40 เมตรแล้ว อาจทำให้พื้นดินทรุดลงไปได้มากที่สุดถึง 2 เมตร 2.7 เมตร และ 3.1 เมตร ตามลำดับ

วาดาชิ และฮิโรโน (Wadashi and Hirono, 1939) ได้ทำการรวบรวมทฤษฎีหลักเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เป็นสาเหตุการทรุดตัวของพื้นดิน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก
2) การยุบตัวของชั้นดินภายใต้น้ำหนักของมันเอง
3) การยุบตัวของชั้นดินเกิดจากสิ่งของที่ทับถมและโครงสร้างที่มีน้ำหนักมาก ซึ่งทับอยู่บนชั้นดินนั้น
4) การยุบตัวตามธรรมชาติของชั้นดินที่เกิดใหม่
5) แรงดันของก๊าซในดินลดลง
6) น้ำฝนไหลซึมลงสู่ใต้ดินได้น้อยลงเนื่องจากหน้าดินถูกปกคลุมมากขึ้น และมีการจัดระบบระบายน้ำดีขึ้น
7) การดูดทรายออกจากชั้นน้ำใต้ดิน และการรบกวนโครงสร้างของดินในชั้นน้ำใต้ดิน
8) ดินเหนียวถูกน้ำซึ่งไหลอยู่ในชั้นน้ำใต้ดินกัดเซาะและสลายตัวออกไปจากชั้นดิน ซึ่งอยู่ในชั้นน้ำนั้น
9) ชั้นดินถูกอัดแน่นเนื่องจากการจราจรและแผ่นดินไหว
10) การยุบตัวของชั้นดินเนื่องจากน้ำใต้ดินลดระดับลงไป

2.2.3 งานวิจัยเกี่ยวกับแผ่นดินทรุดในประเทศไทย

กรมแผนที่ทหาร (2530) ได้จัดทำรายงานสถานการณ์วิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุด โดยมีสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้รับมอบหมายให้เป็นผู้ประสานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง คือ กรมแผนที่ทหาร กรมทรัพยากรธรณี และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ทำการศึกษาและวิจัยโครงการป้องกันและแก้ไขวิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุด โดยมีวัตถุประสงค์ คือ

1) วิเคราะห์สถานภาพของวิกฤตการณ์น้ำบาดาลในปัจจุบัน และคาดการณ์การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำบาดาลในอนาคต
2) วิเคราะห์หาสาเหตุและระดับความรุนแรงของปัญหาการทรุดตัวของชั้นดินต่างๆ และเพื่อคาดการณ์อัตราการทรุดของชั้นดินในอนาคต

3) ตรวจสอบระดับความสูงของพื้นดินในเขตกรุงเทพมหานคร ตรวจสอบปริมาณการทรุดตัวในอดีตและอัตราการทรุดตัวในปัจจุบัน

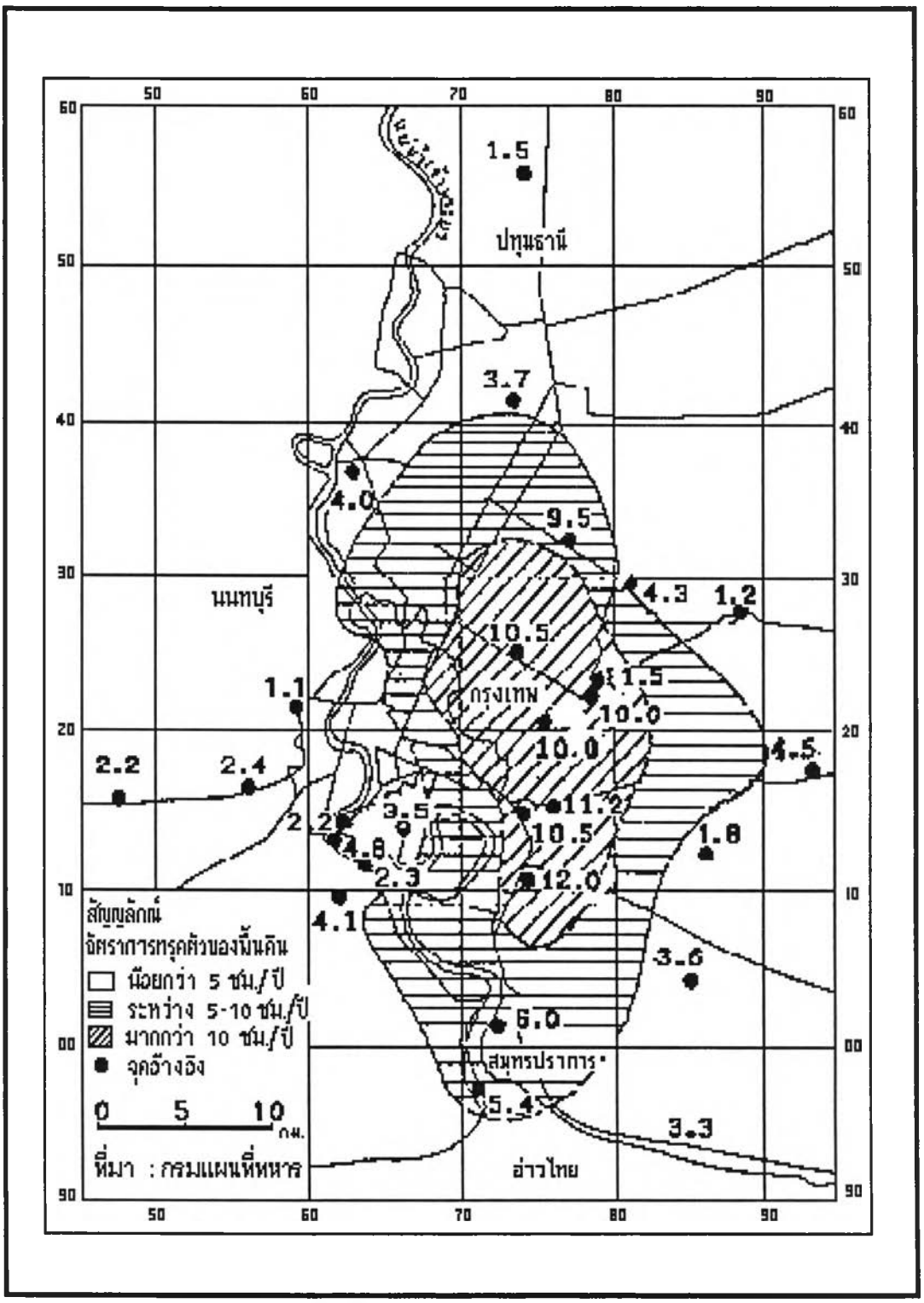
4) หาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการแก้ไขวิกฤตการณ์ทรัพยากรน้ำบาดาล การเพิ่มประโยชน์การใช้น้ำบาดาลและยับยั้งการทรุดตัวของพื้นดินในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการศึกษาสรุปได้ว่า สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของพื้นดินในบริเวณกรุงเทพมหานครอย่างกว้างขวางนั้น เกิดจากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เป็นจำนวนมากเกินกว่าที่น้ำฝนหรือน้ำจากผิวดินจะไหลมาทดแทนได้ทัน ทำให้ระดับและแรงดันของน้ำบาดาลลดลงอย่างมาก เมื่อแรงดันของน้ำลดลงน้ำหนักของพื้นดินจึงกดเม็ดดินให้อัดตัวแน่นมากขึ้น และยังลดช่องว่างระหว่างเม็ดดินลงทำให้ชั้นดินยุบตัว ลักษณะของการทรุดตัวจะเป็นรูปกะทะหงายหรือแอ่งขนาดใหญ่ โดยมีการทรุดตัวมากที่สุดอยู่ในบริเวณศูนย์กลางที่มีการใช้น้ำบาดาลจำนวนมาก การทรุดตัวจะแพร่ขยายออกไปกว้างกว่าบริเวณที่มีบ่อน้ำบาดาลหลายเท่า การยุบตัวของชั้นดินในระดับความลึกระหว่าง 10-50 เมตร และระหว่าง 50-200 เมตรนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการลดระดับน้ำบาดาลในชั้นน้ำกรุงเทพ ชั้นน้ำพระประแดง ชั้นน้ำนครหลวง และชั้นน้ำนนทบุรี ส่วนการยุบตัวของดินชั้นแรก (0-10 เมตร) อาจเกิดจากสาเหตุอื่นๆ เช่น การยุบตัวของดินตามธรรมชาติ น้ำหนักของสิ่งก่อสร้าง การถมดิน แรงสั่นสะเทือนจากการจราจรและการตอกเสาเข็ม เป็นต้น

จากผลการสำรวจความสูงของพื้นดินจากระดับทะเลปานกลางด้วยการระดับชั้นที่หนึ่งโดยกรมแผนที่ทหารในช่วงปี พ.ศ.2521-2524 สามารถกำหนดเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล และแผ่นดินทรุด เป็นเขตวิกฤต 3 อันดับ ได้แก่ (ภาพ 2.6)

1. เขตวิกฤตอันดับ 1 ประกอบด้วยบริเวณซึ่งมีการทรุดตัวของพื้นดินมากกว่า 10 เซนติเมตรต่อปี และ/หรือระดับน้ำบาดาลลดลงอย่างรวดเร็วได้แก่

- เขตบางเขนทั้งหมด
- เขตพระโขนงทั้งหมด
- เขตบางกะปิทั้งหมด
- เขตห้วยขวางทั้งหมด
- เขตพระประแดง เฉพาะฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา
- เขตอำเภอเมืองสมุทรปราการ
- ย่านชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมระหว่างเขตมีนบุรี-ลาดกระบัง-บางพลี



ภาพ 2.6 เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุด พ.ศ.2521-2524

2. เขตวิกฤตอันดับ 2 ประกอบด้วยบริเวณซึ่งมีการทรุดตัวของพื้นดินระหว่าง 5-10 เซนติเมตรต่อปี และ/หรือระดับน้ำบาดาลลดลงมาก ได้แก่

- เขตดุสิต
- เขตพญาไท
- เขตปทุมวัน
- เขตบางรัก
- เขตยานนาวา

3. เขตวิกฤตอันดับ 3 ประกอบด้วยบริเวณซึ่งมีการทรุดตัวของพื้นดินน้อยกว่า 5 เซนติเมตรต่อปี และระดับน้ำบาดาลลดลงไม่มาก ได้แก่ บริเวณนอกเหนือเขตวิกฤตอันดับ 1 และ 2 ของกรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรปราการ

นอกจากนี้ยังพบว่าในพื้นที่เขตวิกฤตอันดับ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยเขตบางนา พระโขนง หัวหมาก คลองจั่น และจังหวัดสมุทรปราการ เป็นย่านอุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัยที่ใช้น้ำบาดาลเป็นหลักและเป็นย่านที่มีขนาดและอัตราการทรุดตัวมากที่สุด มีระดับความสูงของพื้นดินระหว่าง 0.30-0.80 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงเป็นพื้นที่ต่ำที่สุดของกรุงเทพมหานครมีระดับความสูงของพื้นดินต่ำกว่าระดับทะเลปานกลาง 4 เซนติเมตรและแนวโน้มของการทรุดตัวของพื้นดินจะขยายบริเวณออกไปทางด้านฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือ ด้านตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ของกรุงเทพมหานครในอัตราการทรุดตัวโดยเฉลี่ยมากกว่า 10 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งการขยายบริเวณการทรุดตัวของพื้นดินนี้มีความสัมพันธ์กับการขยายเขตโรงงานอุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัยโดยเฉพาะหมู่บ้านจัดสรรซึ่งมีการใช้น้ำบาดาลเป็นหลัก

วจี รามณรงค์ (2525) ได้ทำการศึกษาเรื่อง "วิกฤตการณ์น้ำบาดาลและผลกระทบจากการเกิดวิกฤตการณ์น้ำบาดาลในกรุงเทพมหานคร" โดยได้ศึกษาจากหลักฐานที่ปรากฏ พบว่าได้มีการเริ่มใช้น้ำบาดาลในสมัยสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 5 ในราวปี พ.ศ. 2450 โดยได้เจาะบ่อน้ำบาดาลประเภทบ่อลึกจำนวน 3 บ่อ ณ บริเวณสนามน้ำจืด (ตลาดมิ่งเมืองในปัจจุบัน) บริเวณวัดเทพศิรินทราวาส และบริเวณพระปฐมเจดีย์สถานที่ละ 1 บ่อ และได้ทำการศึกษาปริมาณการใช้น้ำบาดาลในภาครัฐบาลและเอกชนในช่วงปี พ.ศ.2497 – 2524 พบว่ามีอัตราการสูบน้ำเพิ่มมากขึ้นทุกปี นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาระดับน้ำบาดาลในบริเวณกรุงเทพมหานครโดยข้อมูลที่เกี่ยวกับความลึกของระดับน้ำบาดาลในกรุงเทพมหานครก่อนปี พ.ศ.2497 ซึ่งเป็นปีแรกที่มีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาจ่ายให้ประชาชนใช้เป็นน้ำประปานั้นข้อมูลไม่ชัดแจ้ง แต่ในระหว่างปี พ.ศ.2501-2502 ที่มีการเจาะบ่อเพื่อการประปาเพิ่มขึ้นนั้น ระดับน้ำที่ลึกที่สุดอยู่ที่

บริเวณมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์วัดได้ 12.19 เมตร จากระดับพื้นดินและบริเวณวัดสุทัศน์ซึ่งวัดได้ 8.43 เมตร และอีกแห่งหนึ่งคือ บริเวณซอยจอมพล ลาดพร้าว ซึ่งมีระดับน้ำบาดาลอยู่ลึก 10 เมตร ส่วนบริเวณ ถนนสุขุมวิท ซอยประสานมิตร ระดับน้ำอยู่ลึก 5 เมตร และยิ่งห่างออกไปทางทิศตะวันออกระดับน้ำก็จะยิ่งอยู่ตื้นขึ้น และในปี พ.ศ.2511-2512 นั้นค่าระดับของน้ำในบริเวณใจกลางกรุงเทพมหานครบริเวณวัดสุทัศน์ วัดได้ลึก 24 เมตร ส่วนแถบชานเมือง ได้แก่ ย่านพระโขนง วัดได้ 12 เมตร หลังจากปี พ.ศ.2511-2512 มีการเจาะบ่อบาดาลและมีการใช้น้ำบาดาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะการขยายตัวของกรุงเทพมหานครเป็นไปอย่างรวดเร็วทั้งในด้านการเพิ่มของประชากรและการขยายตัวด้านพื้นที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้แก่ เขตพระโขนง หัวหมาก บางกะปิ สำโรง บริเวณนี้มีบ้านจัดสรรเกิดเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ รวมทั้งการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมย่านปู่เจ้าสมิงพราย เนื่องจากน้ำประปาจากโรงกรองน้ำของการประปานครหลวงส่งไปไม่ถึง บริเวณดังกล่าวจึงใช้น้ำบาดาลแต่เพียงอย่างเดียว ไม่ว่าตามบ้านเรือน บ้านจัดสรร โรงงานอุตสาหกรรมย่านชานเมืองหรือโรงแรมใหญ่ในใจกลางกรุงเทพมหานคร

ดังนั้น อัตราการลดลงของระดับน้ำบาดาล นับแต่ปี พ.ศ.2512 เป็นต้นมา จึงเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก บางแห่งอัตราการลดลงสูงกว่าปีละ 3 เมตร และจากปี พ.ศ.2517 เรื่อยมาระดับน้ำบาดาลที่ลดลงก็เพิ่มมากขึ้นๆ โดยบางแห่งลดลงปีละ 2-3 เมตร บางแห่งสูงกว่า 3 เมตร ในปี พ.ศ.2522 โดยเฉพาะบริเวณซึ่งมีประชากรอยู่หนาแน่นแถวเขตพระโขนง ห้วยขวาง ลาดพร้าว หัวหมาก สำโรง มีระดับน้ำบาดาลอยู่ลึกถึง 40 เมตรจากระดับผิวดิน บริเวณที่ระดับน้ำลึกที่สุดวัดได้ 54 เมตรที่บ่อน้ำบาดาลบริเวณซอยโชคชัย 4 ถนนลาดพร้าวและบริเวณห้วยขวาง ซึ่งมีอัตราการลดลงสูงถึงปีละ 4 เมตร จากการศึกษาและวิจัยคาดการณ์ได้ว่าถ้ามีการใช้น้ำบาดาลกันฟุ่มเฟือยอย่างในปัจจุบันโดยไม่มีการควบคุมแล้ว พื้นดินบริเวณกรุงเทพมหานครจะทรุดต่ำไปถึง 2 เมตร ซึ่งในขณะนี้ทรุดไปแล้ว 70 เซนติเมตร และจะทรุดอีก 1.3 เมตร ในปัจจุบันพื้นดินกรุงเทพมหานครบางแห่ง เช่น บริเวณที่ตั้งมหาวิทยาลัยรามคำแหงหัวหมาก กรมแผนที่ทหารได้ดำเนินการวัดค่าความสูงของพื้นดินโดยการระดับชั้นที่หนึ่งค่าที่วัดได้เมื่อต้นปี พ.ศ. 2525 มีระดับต่ำกว่าระดับทะเลปานกลางแต่การที่น้ำทะเลยังไม่ไหลท่วมเข้ามานั้น เพราะแผ่นดินรอบๆ ที่อยู่ห่างออกไปยังมีระดับสูงกว่าระดับทะเลปานกลางอยู่ พื้นที่ในบริเวณนี้จึงมีสภาพเป็นแอ่ง ถ้าขอบแอ่งทรุดลงไปต่ำกว่าระดับทะเลปานกลางเมื่อใดกรุงเทพมหานครก็จะจมอยู่ใต้ทะเล

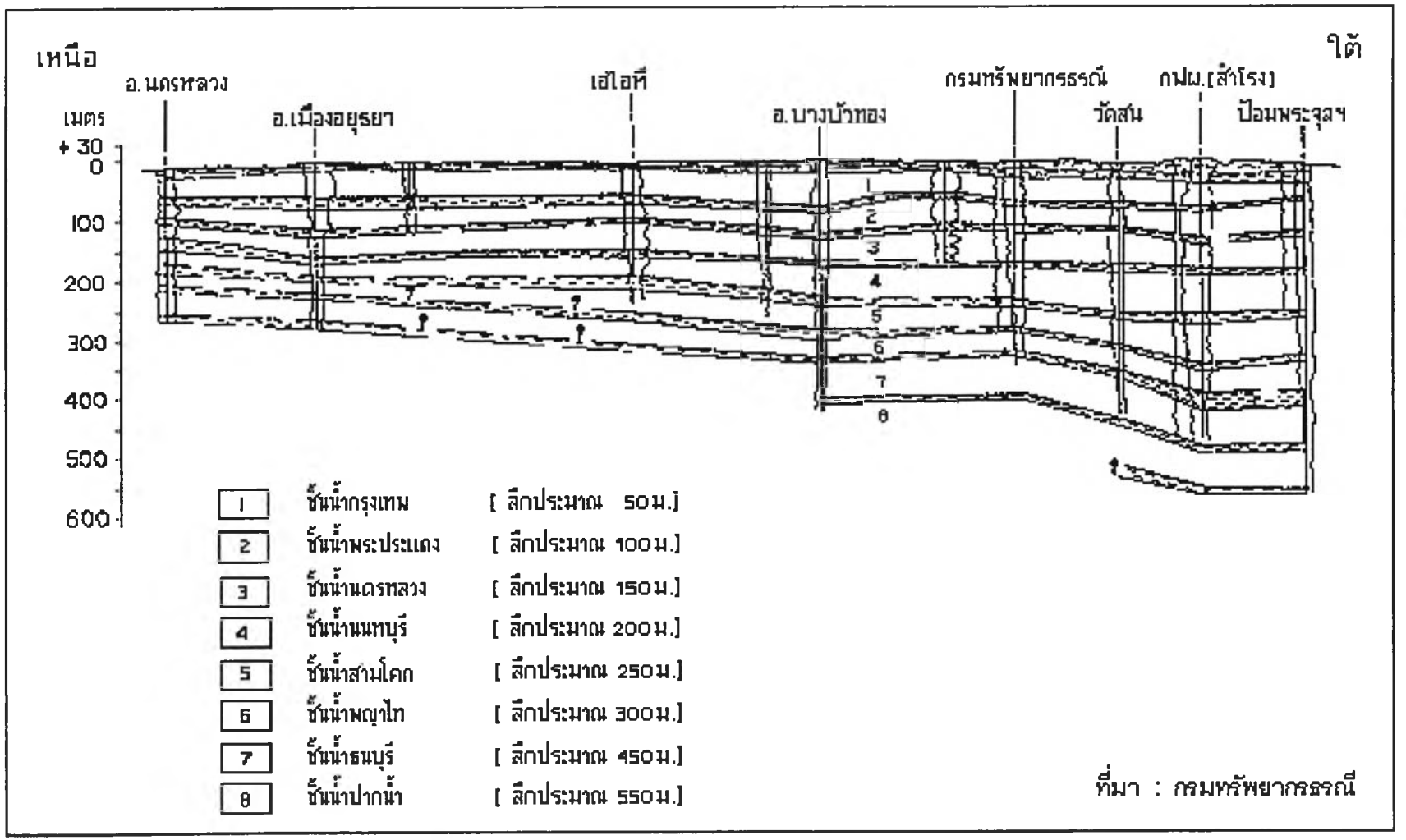
สมคิด บัวเพ็ง (1999) ได้ทำการศึกษาเรื่อง " วิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุดในบริเวณกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล" โดยศึกษาความหนาของชั้นกรวดทรายและดินเหนียว

ผลจากการเจาะสำรวจปิโตรเลียม ทราบได้ว่าบริเวณท้องที่อำเภอภาษีเจริญมีชั้นกรวดทรายสลับชั้นดินเหนียวหนาถึง 1,830 เมตร สำหรับชั้นน้ำบาดาลตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึงความลึกประมาณ 600 เมตร แบ่งได้เป็น 8 ชั้น ที่ระดับลึกกว่า 600 เมตรลงไปก็ยังมีชั้นน้ำบาดาลอยู่อีกหลายชั้นแต่ยังไม่มีการสูบขึ้นมาใช้ ชั้นน้ำดังกล่าวจะแผ่ขยายไปทางทิศเหนือถึงจังหวัดชัยนาท และแผ่ขยายไปทางด้านตะวันตกและตะวันออกของกรุงเทพมหานคร จรดขอบแอ่งเจ้าพระยาและทางใต้จรดอ่าวไทย ดังนั้นกรุงเทพมหานครจึงมีแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่และมีปริมาณมากที่สุด ชั้นน้ำดังกล่าวแบ่งได้ดังนี้ (ภาพ 2.7)

1) ชั้นน้ำกรุงเทพ	ลึกประมาณ 50 เมตร
2) ชั้นน้ำพระประแดง	ลึกประมาณ 100 เมตร
3) ชั้นน้ำนครหลวง	ลึกประมาณ 150 เมตร
4) ชั้นน้ำนนทบุรี	ลึกประมาณ 200 เมตร
5) ชั้นน้ำสามโคก	ลึกประมาณ 300 เมตร
6) ชั้นน้ำพญาไท	ลึกประมาณ 350 เมตร
7) ชั้นน้ำธนบุรี	ลึกประมาณ 450 เมตร
8) ชั้นน้ำปากน้ำ	ลึกประมาณ 550 เมตร

ชั้นน้ำกรุงเทพ (ความลึก 50 เมตร) เป็นชั้นน้ำชั้นบนสุดและส่วนบนสุดของชั้นน้ำนี้ปกคลุมด้วยดินเหนียวกรุงเทพ (Bangkok clay) ซึ่งมีความหนาเฉลี่ย 22 เมตร ชั้นน้ำประกอบด้วยกรวดทรายและมีชั้นดินเหนียวบางๆ แทรกอยู่ ชั้นน้ำหนาประมาณ 20-30 เมตร ชั้นน้ำกรุงเทพมีปริมาณน้ำมากแต่คุณภาพไม่เหมาะสมที่จะบริโภคได้ ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำเค็มยกเว้นบริเวณด้านใต้และตะวันตกเฉียงใต้ของกรุงเทพมหานครที่จะมีน้ำกร่อยพอใช้ได้แทรกอยู่ในระดับ 50-60 เมตร

ชั้นน้ำพระประแดง (ความลึก 100 เมตร) เป็นชั้นน้ำที่อยู่ถัดจากชั้นน้ำกรุงเทพลงไปโดยถูกคั่นด้วยชั้นดินเหนียวเนื้อแน่นสีน้ำตาลอมเทา ความหนาไม่น้อยกว่า 10 เมตร (ซึ่งในชั้นดินเหนียวหนามักมีชั้นทรายบางๆ แทรกอยู่ด้วย) ระดับบนสุดของชั้นน้ำอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 60-80 เมตร ความหนาประมาณ 20-50 เมตรประกอบไปด้วยกรวดทรายเม็ดเล็กและใหญ่คละกัน สีขาวอมเทาหรือสีน้ำตาลอ่อนและมีชั้นดินเหนียวบางๆ แทรกอยู่ ปริมาณน้ำในชั้นน้ำนี้มีปริมาณมากแต่มีคุณภาพกร่อยหรือค่อนข้างเค็มเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นบริเวณอำเภอพระประแดง อำเภอเมืองสมุทรปราการและบริเวณฝั่งธนบุรีตอนใต้ที่แต่เดิมให้น้ำจืด แต่ปัจจุบันน้ำจืดได้เปลี่ยนแปลงคุณภาพเป็นน้ำกร่อยและบางแห่งเป็นน้ำเค็ม เนื่องจากได้มีการสูบน้ำขึ้นมาใช้กันเป็นจำนวนมากและเกิดผลกระทบ โดยเฉพาะบริเวณย่านถนนสุขสวัสดิ์ อำเภอพระประแดง



ภาพ 2.7 ชั้นน้ำบาดาลบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

ชั้นน้ำนครหลวง (ความลึก 150 เมตร) เป็นชั้นน้ำที่อยู่ถัดจากชั้นน้ำพระประแดงลงไป โดยมีดินเหนียวเนื้อแน่นสีน้ำตาลหนา 3-10 เมตรกั้นอยู่ ระดับความลึกถึงระดับบนสุดของชั้นน้ำอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 100-140 เมตร ทางด้านตะวันออกลึกไม่ถึง 90 เมตร ชั้นน้ำหนา 50-70 เมตรเป็นชั้นน้ำประกอบด้วยกรวดทรายแผ่ขยายออกไปในแนวเหนือ - ใต้จนถึงจังหวัดชัยนาท และแผ่ขยายไปทางตะวันออกและตะวันตก ชั้นน้ำนครหลวงเป็นชั้นน้ำที่มีการสูบน้ำขึ้นมาใช้มากที่สุด เนื่องจากเป็นชั้นน้ำที่ให้น้ำดีทั้งปริมาณและคุณภาพ ยกเว้นบริเวณทางฝั่งธนบุรีและบริเวณตอนใต้กรุงเทพมหานครที่ได้น้ำกร่อยถึงเค็ม บ่อที่เจาะถึงชั้นน้ำนครหลวงสามารถสูบน้ำได้ในอัตรา 100-300 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ชั้นน้ำนนทบุรี (ความลึก 200 เมตร) ชั้นน้ำนนทบุรีวางตัวขนานกับชั้นนครหลวง มีคุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยาคล้ายคลึงกัน ชั้นน้ำประกอบไปด้วยกรวด และมีชั้นดินเหนียวบางๆ แทรกอยู่ ชั้นดินเหนียวที่คั่นอยู่บางตอนจะยอมให้น้ำไหลซึมผ่านไปได้ ระดับความลึกของชั้นน้ำจากผิวดินประมาณ 170-200 เมตร ทางด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานครอาจลึกประมาณ 150 เมตร ความหนาของชั้นน้ำประมาณ 30-70 เมตร สภาพน้ำบาดาลในชั้นน้ำนนทบุรีจะคล้ายคลึงกับชั้นน้ำนครหลวงปริมาณน้ำสามารถสูบได้ถึง 150-300 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในระยะก่อนปี พ.ศ. 2518 ไม่ค่อยมีการเจาะบ่อลึกลงไปถึงเนื่องจากชั้นน้ำอยู่ลึกทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อชั้นน้ำนครหลวงได้เกิดวิกฤตการณ์น้ำบาดาลขึ้นทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงและสูบขึ้นได้น้อยลงจึงได้มีการเจาะบ่อลึกลงไปเพื่อให้ได้น้ำคุณภาพดีและปริมาณน้ำมากขึ้น ในปัจจุบันบ่อน้ำบาดาลขนาดใหญ่ของการประปานครหลวงและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะเจาะลึกถึงชั้นน้ำนนทบุรี จึงทำให้เกิดวิกฤตการณ์น้ำบาดาลในบางบริเวณเช่นเดียวกับชั้นน้ำนครหลวง

ชั้นน้ำสามโคก (ความลึก 300 เมตร) ชั้นน้ำวางตัวอยู่ใต้ชั้นน้ำนนทบุรี ระดับบนสุดของชั้นน้ำพบที่ประมาณ 240-250 เมตร ความหนาโดยเฉลี่ยประมาณ 40-80 เมตร ลักษณะชั้นน้ำประกอบไปด้วยชั้นทรายบางๆ หลายชั้นวางตัวเรียงสลับกันลงไป โดยมีชั้นดินเหนียวแทรกสลับอยู่กลาง บ่อน้ำบาดาลส่วนใหญ่ที่เจาะในชั้นน้ำนี้จะอยู่บริเวณเหนือจังหวัดนนทบุรี จนถึงตัวจังหวัดปทุมธานี คุณภาพน้ำใกล้เคียงกับชั้นน้ำนนทบุรี แต่ปริมาณน้ำจะน้อยกว่า

ชั้นน้ำพญาไท (ความลึก 350 เมตร) ชั้นน้ำพญาไทมีลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาเหมือนกับชั้นน้ำสามโคก คือประกอบด้วยชั้นทรายบางๆ หลายๆ ชั้น และมีชั้นดินเหนียวแทรกอยู่โดยแยกจากกันด้วยชั้นดินเหนียวแข็งเนื้อแน่นหนาประมาณ 5-10 เมตร ระดับบนสุดของชั้นน้ำอยู่ลึกประมาณ 275-350 เมตร ชั้นน้ำหนาประมาณ 40-60 เมตร สภาพน้ำบาดาลคล้ายคลึงกับชั้นน้ำสามโคกโดยมีแหล่งน้ำจืดเฉพาะด้านเหนือ ตะวันออก และตะวันตกเฉียงใต้ของกรุงเทพมหานครและน้ำเค็มทางด้านใต้และเขตธนบุรี

ชั้นน้ำธนบุรี (ความลึก 450 เมตร) ชั้นน้ำธนบุรีวางตัวอยู่ใต้ชั้นน้ำพญาไท โดยมีชั้นดินเหนียวคั่นอยู่ ชั้นดินเหนียวดังกล่าวบางแห่งหนาถึง 30 เมตร แต่มีบางแห่งหนาประมาณ 1 เมตรเท่านั้น ระดับบนสุดของชั้นน้ำอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 350-400 เมตร ชั้นน้ำประกอบด้วยทรายหนาอย่างน้อย 3 ชั้น แต่ละชั้นมีดินเหนียวแทรกอยู่ ความหนาของชั้นน้ำรวมกันประมาณ 50-100 เมตร น้ำบาดาลในชั้นธนบุรีส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดหรือค่อนข้างจืดเว้นแต่บริเวณด้านตะวันตกหรือตะวันตกเฉียงใต้ของฝั่งธนบุรี ซึ่งจะได้น้ำกร่อยถึงเค็ม

ชั้นน้ำปากน้ำ (ความลึก 550 เมตร) ชั้นน้ำปากน้ำเป็นชั้นน้ำที่ลึกที่สุด ให้น้ำจืดอยู่ทุกบริเวณเป็นชั้นน้ำที่ประกอบไปด้วยชั้นทรายหนาไม่น้อยกว่า 3 ชั้น ทรายชั้นล่างสุด (ประมาณ 550 เมตรลงไป) จะทำให้คุณภาพน้ำดีที่สุด ระดับบนสุดของชั้นน้ำอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 420-500 เมตร ในปัจจุบันได้มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เจาะบ่อและสูบน้ำจากชั้นน้ำชั้นนี้ โดยเฉพาะในบริเวณที่ชั้นน้ำระดับตื้นกว่าให้น้ำเค็ม เช่น บ่อในบริเวณอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ สามารถสูบได้มากกว่า 45 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงและเป็นชั้นน้ำที่ให้น้ำร้อน 48 องศาเซลเซียส

กรมทรัพยากรธรณีได้ปรับปรุงเขตวิกฤตขึ้นใหม่ตามสถานการณ์ลดลงของระดับน้ำบาดาลและอัตราการทรุดตัวของพื้นดิน และได้ประกาศเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลตามประกาศกรมทรัพยากรธรณี เมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ.2538 ดังนี้ (ภาพ 2.8)

1) เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล อันดับ 1 กลุ่มพื้นที่ที่มีการทรุดตัวของพื้นดินมากกว่า 3 เซนติเมตรต่อปีและระดับน้ำบาดาลลดลงมากกว่า 3 เมตรต่อปีในกรุงเทพมหานคร ได้แก่

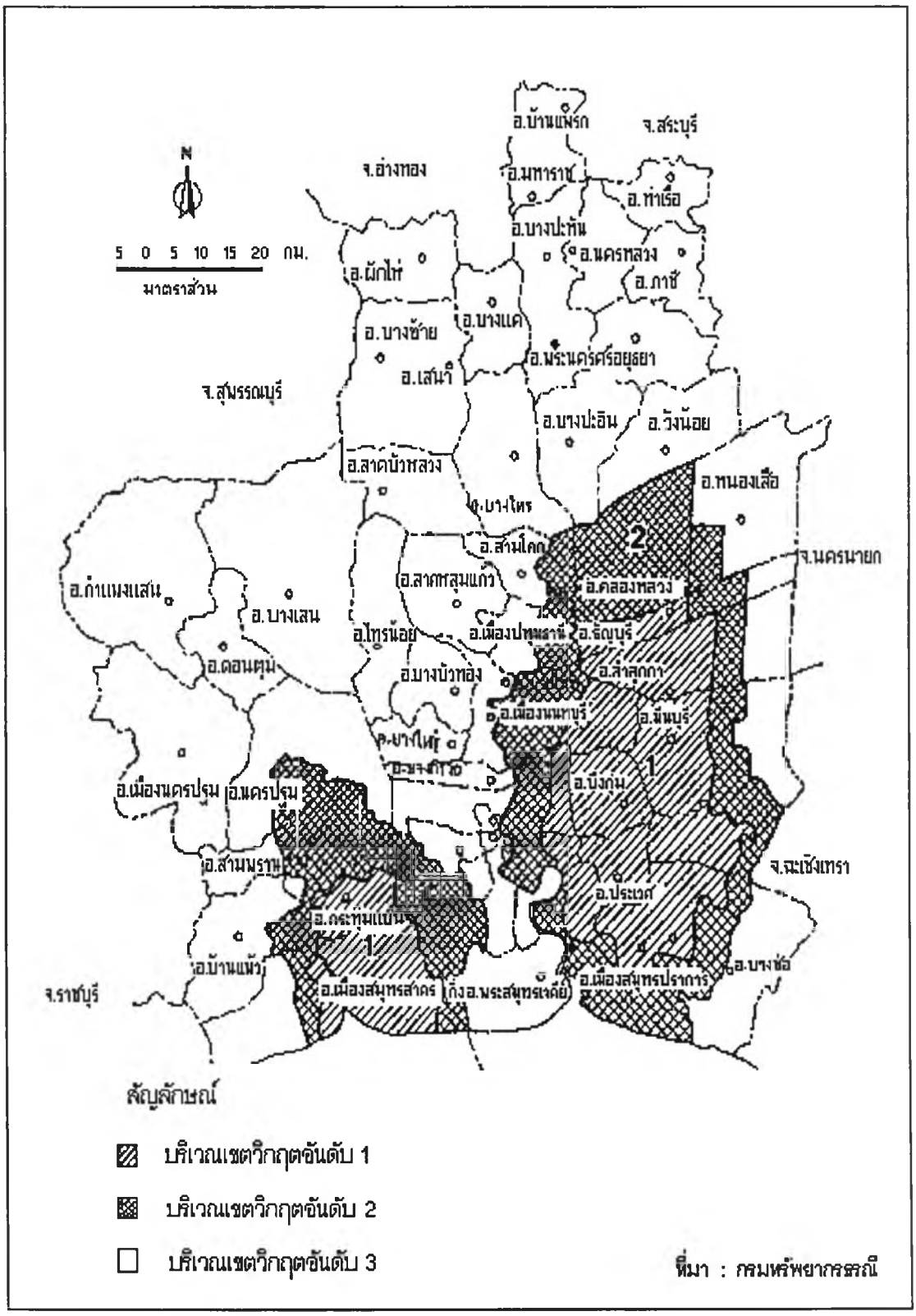
- เขตมีนบุรีทั้งเขต
- เขตบางเขนทั้งเขต
- เขตดอนเมือง เฉพาะแขวงตลาดบางเขน
- เขตลาดพร้าวทั้งเขต
- เขตจตุจักรทั้งเขต
- เขตบึงกุ่มทั้งเขต
- เขตบางกะปิทั้งเขต
- เขตสวนหลวงทั้งเขต
- เขตพระโขนงทั้งเขต
- เขตห้วยขวางทั้งเขต
- เขตคลองเตย เฉพาะแขวงคลองตัน แขวงพระโขนง
- เขตลาดกระบังทั้งเขต ยกเว้นแขวงขุมทอง

2) เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล อันดับ 2 ครอบคลุมพื้นที่บริเวณที่มีการทรุดตัวของพื้นดินระหว่าง 1-3 เซนติเมตรต่อปี และระดับน้ำลดลงระหว่าง 2-3 เมตรต่อปีในกรุงเทพมหานคร ได้แก่

- เขตบางขุนเทียนทั้งหมด
- เขตบางคอแหลมทั้งหมด
- เขตดุสิตทั้งหมด
- เขตพระนครทั้งหมด
- เขตป้อมปราบศัตรูพ่ายทั้งเขต
- เขตสัมพันธวงศ์ทั้งเขต
- เขตสาทรทั้งเขต
- เขตบางรักทั้งเขต
- เขตปทุมวันทั้งเขต
- เขตยานนาวาทั้งเขต
- เขตพญาไททั้งเขต
- เขตราชเทวีทั้งเขต
- เขตคลองสานทั้งเขต
- เขตหนองแขมทั้งเขต
- เขตหนองจอก เฉพาะแขวงคลองสิบ แขวงคู้ฝั่งเหนือ แขวงโคกแฝด แขวงลำผักชี แขวงลำต้อยติ่ง
- เขตลาดกระบัง เฉพาะแขวงขุมทอง
- เขตดินแดงทั้งเขต
- เขตคลองเตย เฉพาะแขวงคลองเตย
- เขตบางซื่อทั้งเขต
- เขตดอนเมือง เฉพาะแขวงทุ่งสองห้อง และแขวงสีกัน

3) เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล อันดับ 3 ครอบคลุมพื้นที่ที่มีการทรุดตัวของพื้นดินน้อยกว่า 1 เซนติเมตรต่อปี และระดับน้ำบาดาลลดลงน้อยกว่า 2 เมตรต่อปี ได้แก่ บริเวณนอกเหนือเขตวิกฤตอันดับ1 และ 2 ของกรุงเทพมหานคร

ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และไตรรัตน์ ศรีวัฒนา (2529) ได้ทำการวิเคราะห์สรุปหาสาเหตุที่สำคัญที่จะทำให้น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและย่านชานเมือง ซึ่งพอสรุปได้ 4 ประการ คือ น้ำเหนือไหลบ่าลงมาจนเป็นเกณฑ์อุทกภัย น้ำทะเลหนุน น้ำฝนที่ตกหนักทั้งในพื้นที่กรุงเทพมหานครและอาณาบริเวณรอบๆ และการเกิดแผ่นดินทรุด



ภาพ 2.8 เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลตามประกาศกรมทรัพยากรธรณี เมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม 2538

สาเหตุทั้ง 4 ประการนี้ใน 3 ประการแรกเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ส่วนสาเหตุประการที่ 4 นั้นเป็นผลเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์ คือสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ ซึ่งสามารถควบคุมได้ สาเหตุ 3 ประการแรกนั้นเป็นสิ่งที่อยู่นอกเหนือการควบคุมและในอดีตที่ผ่านมามักจะเกิดขึ้นอย่างน้อย 1 สาเหตุเสมอแต่บางปีเหตุการณ์ทั้งสามก็เกิดขึ้นพร้อมๆ กัน ในปีใดที่เหตุการณ์ทั้งสามเกิดขึ้นพร้อมกัน อุทกภัยที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานครก็มีความรุนแรงมากดังเช่น เหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2526 ซึ่งคาดว่าทำให้เกิดความเสียหายทั้งภาครัฐบาลและเอกชนไม่น้อยกว่า 6,000 ล้านบาท และจากการคาดหมายของไจก้า (Japanese International Corporation Agency, JICA) ในปี พ.ศ.2543 พื้นที่ส่วนใหญ่ของกรุงเทพมหานครในเขตป้องกันน้ำท่วมจะอยู่ต่ำกว่าระดับทะเลปานกลาง

หนังสือพิมพ์มติชน (2543) ได้เขียนรายงานจากข้อมูลของกรมแผนที่ทหารฉบับล่าสุดว่าตั้งแต่ปี พ.ศ.2483-2542 พื้นที่ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล แผ่นดินได้ทรุดไปแล้ว 1.7 เมตร โดยช่วงที่แผ่นดินทรุดมากที่สุดคือ ปีพ.ศ. 2521-2542 โดยทรุดไปถึง 1 เมตร ขณะนี้พบว่าทั้งกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลมีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้กันถึงวันละ 3.5 ล้านลูกบาศก์เมตร ทั้งๆ ที่ปริมาณที่สูบได้โดยไม่ส่งผลกระทบกระเทือนนั้นได้เพียงไม่เกินวันละ 1.25 ล้านลูกบาศก์เมตรเท่านั้น นอกจากนี้หนังสือพิมพ์ดังกล่าวยังได้รายงานว่าที่ประชุมคณะกรรมการพิจารณาแนวทางการแก้ไขปัญหาและหลีกเลี่ยงการใช้น้ำบาดาล ประกอบด้วยตัวแทน 4 หน่วยงาน คือ กรมทรัพยากรธรณี การประปานครหลวง การประปาส่วนภูมิภาค และสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้มีมติเห็นชอบให้ปรับขึ้นค่าน้ำบาดาลในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล รวม 7 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร พระนครศรีอยุธยา นนทบุรี สมุทรปราการ ปทุมธานี นครปฐม และสมุทรสาคร อีก 5 บาทต่อลูกบาศก์เมตรจากเดิมเก็บที่ 3.50 บาทเป็น 8.50 บาท ซึ่งการปรับขึ้นค่าน้ำบาดาลจะให้มีอัตราใกล้เคียงกับค่าน้ำประปา เพื่อให้ประชาชนหันไปใช้น้ำประปามากขึ้น ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาแผ่นดินทรุด โดยให้แบ่งการจัดเก็บออกเป็น 3 ระยะ คือ ปีแรกเก็บเพิ่ม 2 บาท ปีที่สองเก็บเพิ่มอีก 2 บาท และปีที่สามเก็บเพิ่มอีก 1 บาท โดยในแต่ละปีจะทยอยเก็บเพิ่มเป็น 4 ช่วงๆละ 50 สตางค์จนครบ 2 บาท ส่วนปีสุดท้ายจะเก็บเพิ่มช่วงละ 25 สตางค์จนครบ 1 บาท

สมหวัง บุญระยอง (2534) ได้ศึกษาแนวทางในการลดการทรุดตัวของพื้นดินโดยวิธีการอัดน้ำลงใต้ดิน การระบายน้ำหรือการอัดน้ำลงใต้ดิน พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรียกว่าเป็นการ "ระบายน้ำลงบ่อบาดาล" โดยตามหลักทฤษฎีของการระบายน้ำมีอยู่ว่า อัตราสูงสุดที่สามารถอัดน้ำเข้าไปในชั้นน้ำได้ควรจะเท่ากับอัตราที่สามารถสูบน้ำออกมาจากบ่อนั้นๆ ได้ แต่ในทางปฏิบัติอัตราที่อัดน้ำจะน้อยกว่าอัตราที่สูบน้ำด้วยเหตุผลดังนี้ ประการแรก เมื่อสูบน้ำ

ออกจากบ่อทรายที่ละเอียดมากๆ ที่อยู่ในชั้นน้ำจะผ่านทรายหยาบและผ่านกรวดเข้าไปในบ่อ เมื่อทำการสูบน้ำทรายละเอียดก็จะออกมาจากบ่อมากับน้ำที่สูบออก แต่หากเมื่ออัดน้ำลงไปในบ่อทรายละเอียดหรือทรายแป้งหรือดินที่มีอยู่ในชั้นน้ำจะทำให้เกิดการอุดตันในชั้นน้ำรอบๆ บ่อ จึงทำให้อัตราการอัดหรือปริมาณน้ำที่อัดลงไปน้อยกว่าอัตราที่สูบน้ำ ประการที่สอง น้ำที่อัดลงไปเป็นน้ำจากภายนอกชั้นน้ำ มักมีฟองอากาศปนอยู่ด้วย ซึ่งฟองอากาศจะไปแทรกอยู่ในช่องว่างของชั้นน้ำ ทำให้เกิดการอุดตันของชั้นน้ำได้ ประการที่สาม น้ำที่อัดลงไปอาจจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำที่มีอยู่เดิม ทำให้เกิดตะกอนในชั้นน้ำ ประการที่สี่ น้ำที่อัดอาจมีแบคทีเรียซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ในชั้นน้ำรอบๆ บ่อ ทำให้ลดขนาดของช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดเม็ดทรายในชั้นน้ำ จึงทำให้เกิดการอุดตันในชั้นน้ำ นอกจากนี้ยังได้ทำการประยุกต์ใช้ทฤษฎีทางชลศาสตร์ของบ่อบาดาล (Hydraulic of well) ของชั้นน้ำบาดาลชั้นบนสุดของกรุงเทพมหานคร คือ ชั้นน้ำบาดาลกรุงเทพ โดยพิจารณาในบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหง และจากการคำนวณหาค่าการคืนกลับของระดับน้ำบาดาล เมื่อมีการหยุดสูบน้ำบาดาลและการอัดน้ำลงใต้ดินนั้น พบว่าการคืนกลับของระดับน้ำบาดาลของทั้ง 2 วิธีมีค่าที่ใกล้เคียงกันมีผลแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในเมืองใหญ่อื่นๆ ที่มีปัญหาการทรุดตัวของพื้นดินเนื่องจากการสูบน้ำบาดาลนั้น จะไม่นิยมการอัดน้ำลงใต้ดินเพื่อชะลอการทรุดตัว แต่จะทำเพียงการหยุดสูบน้ำบาดาลเท่านั้น เพราะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย เนื่องจากการคืนกลับของระดับน้ำบาดาลมีค่าใกล้เคียงกับอัดน้ำลงใต้ดิน

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (2525) ได้ทำการศึกษาเรื่อง "น้ำท่วมและแผ่นดินทรุดในกรุงรัตนโกสินทร์" โดยได้ศึกษาจากรูปตัดขวาง (Cross section) ของชั้นดินของกรุงเทพมหานครจากด้านฝั่งตะวันตกไปฝั่งตะวันออก พบว่า ตั้งแต่บริเวณลาดพร้าว ไปทางนิคมบางชัน มีนบุรี จะมีชั้นดินเหนียวชั้นบนสุด ซึ่งเรียกว่า Bangkok Soft Clay จะค่อยๆ หนาขึ้นๆ ไปทางตะวันออก ดินเหนียวชั้นนี้มีคุณสมบัติที่ยุบตัวได้ง่าย ฉะนั้น หากมีการยุบตัวของดินเหนียวเกิดขึ้น บริเวณนับตั้งแต่ลาดพร้าวไปทางตะวันออกก็น่าจะมีการทรุดตัวมากกว่าทางตะวันตกของลาดพร้าว

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534) ได้รายงานสถานการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุดในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พ.ศ.2526-2533 พอสรุปได้ดังนี้ ประการที่หนึ่ง การใช้น้ำบาดาลในการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงมีปริมาณลดลง แต่การใช้น้ำในภาคเอกชนยังมีปริมาณสูงขึ้น ประการที่สอง ระดับน้ำบาดาลในเขตวิกฤตอันดับ 1 และ 2 เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย1-2 เมตรต่อปี ยกเว้นบริเวณ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ส่วนเขตวิกฤตอันดับ 3 บริเวณชานเมืองระดับน้ำลดลงเล็กน้อย ประการที่สาม อัตราการทรุดตัวของแผ่นดินในเขตวิกฤตทั้ง 3 อันดับลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนมีมาตรการควบคุม คือ เขตวิกฤต

อันดับ 1 ที่เคยมีการทรุดตัวมากกว่า 10 ซม.ต่อปีมีการทรุดตัวโดยเฉลี่ยเหลือ 1.2 ซม.ต่อปีในเขตตัวเมือง และ 4.0 ซม.ต่อปีในเขตชานเมืองทางด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร เขตวิกฤตอันดับ 2 ซึ่งเคยมีการทรุดตัว 5-10 ซม.ต่อปี การทรุดตัวลดลงเหลือน้อยกว่า 1.0 ซม.ต่อปี ส่วนเขตวิกฤตอันดับ 3 ปรากฏว่าฝั่งธนบุรีจนถึงสมุทรสาครมีการทรุดตัวโดยเฉลี่ย 1.6 ซม.ต่อปี ส่วนนนทบุรี และปทุมธานี มีการทรุดตัวน้อยกว่า 1.0 ซม.ต่อปี ประการที่สี่ ผลจากการขยายเขตบริการประปาและการเก็บค่าน้ำบาดาลในปัจจุบันทำให้สถานการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุดดีขึ้น

2.2.4 งานวิจัยเกี่ยวกับแผ่นดินทรุดในต่างประเทศ

จากรายงานการประชุมวิชาการระหว่างประเทศ ครั้งที่ 2 เรื่องแผ่นดินทรุด ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา 10-17 ธันวาคม 2519 (กรมทรัพยากรธรณี, 2519) มีผู้เสนอเอกสารเกี่ยวกับปรากฏการณ์และสาเหตุของการทรุดตัวของแผ่นดินที่เกิดขึ้นในท้องที่ต่างๆ ในแต่ละประเทศอันเนื่องมาจากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้มากเกินไป เช่น

- แผ่นดินทรุดบริเวณเมืองฮูสตัน มลรัฐเทกซัส สหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้กันมาก ทำให้ระดับน้ำบาดาลระหว่างปี ค.ศ.1943-1973 ลดลงถึง 200 ฟุต (61 เมตร) และได้มีการวัดอัตราการทรุดที่บริเวณ Seabrook ซึ่งอยู่ระหว่างเมืองฮูสตันและเมืองกาลเวสตัน ปรากฏผลว่าถ้าระดับน้ำบาดาลลดลง 1 ฟุต จะทำให้แผ่นดินทรุดได้ถึง 0.0248 ฟุต

- แผ่นดินทรุดที่กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น ในระหว่างปี ค.ศ.1900-1975 ได้มีการสูบน้ำบาดาลมาใช้มากทำให้ระดับน้ำบาดาลลดลงถึง 60 เมตร มีรายงานว่าแผ่นดินทางตะวันออกของกรุงโตเกียวทรุดถึง 4.57 เมตร และปัจจุบันทางด้านตะวันตกของกรุงโตเกียวแผ่นดินยังคงทรุดในอัตรา 10 เซนติเมตรต่อปี

- แผ่นดินทรุดบริเวณที่ราบโนบี ประเทศญี่ปุ่น สภาพภูมิประเทศของที่ราบโนบีเป็นที่ราบเล็กๆ มีพื้นที่ประมาณ 1300 ตารางกิโลเมตร อยู่ทางตอนกลางของประเทศญี่ปุ่น แผ่นดินตอนนี้เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนที่มีอายุไม่มากนัก มีรายงานว่าแผ่นดินทรุดในบริเวณนี้เนื่องจากสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในการอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม คือ ในระหว่างปี ค.ศ. 1888-1973 ที่บริเวณยาโตะมิโช (Yatomicho) ซึ่งอยู่ในที่ราบโนบี แผ่นดินทรุด 225 เซนติเมตร โดยมีอัตราการทรุดก่อนปี ค.ศ. 1925 ประมาณปีละ 1.4-1.8 มิลลิเมตร ระหว่างปี ค.ศ.1925-1950 แผ่นดินทรุดปีละ 2-5 มิลลิเมตร ระหว่างปี ค.ศ.1950-1960 แผ่นดินทรุดปีละ 10-20 มิลลิเมตร ระหว่างปี ค.ศ.1960-1965 แผ่นดินทรุดปีละ 20-40 มิลลิเมตร และระหว่างปี ค.ศ.1960-1965 เกิดแผ่นดินไหวในบริเวณนี้ทำให้อัตราการทรุดในบางแห่งเพิ่มขึ้นถึง 150-200 มิลลิเมตร และระหว่าง ค.ศ.1961-1973 อัตราการทรุดบางแห่งถึงปีละ 100 มิลลิเมตร

- แผ่นดินทรุดที่กรุงเม็กซิโกซิตี ประเทศสหรัฐเม็กซิโก สาเหตุของการทรุดส่วนใหญ่เกิดจากการสูบน้ำบาดาล โดยทราบจากค่าระดับที่วัดเมื่อปีค.ศ.1877 ถึงค.ศ.1924 ซึ่งมีค่าระดับแตกต่างกันมาก และได้มีรายงานการทรุดถึงปี ค.ศ.1973 ว่าแผ่นดินทรุดตัวลงถึง 9 เมตร

- แผ่นดินทรุดที่เมืองเวนีส ประเทศสาธารณรัฐอิตาลี เกิดจากการสูบน้ำบาดาลเช่นกัน ในระยะระหว่างปี ค.ศ.1952-1969 ระดับน้ำบาดาลบริเวณเมืองเวนีสลดลงไป 5 เมตรและแผ่นดินทรุด 10 เซนติเมตร บริเวณมาร์เกียร์ (Marghere) ระดับน้ำบาดาลลดลงไป 13 เมตรและแผ่นดินทรุด 14 เซนติเมตรและหลังจากที่ได้มีการควบคุมการใช้น้ำบาดาลสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ได้มีรายงานว่าระดับน้ำบาดาลที่เมืองเวนีสเพิ่มขึ้นประมาณ 2.5 เมตร และอัตราการทรุดตัวของแผ่นดินก็น้อยกว่าที่เคยปรากฏ

- แผ่นดินทรุดที่บริเวณภาคกลางของมลรัฐอาริโซนา ประเทศสหรัฐอเมริกา สาเหตุเกิดจากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้มากเกินควร เช่น ที่เมืองอีลอย (Eloy) ในระหว่างปี ค.ศ.1948-1967 แผ่นดินทรุดถึง 2.29 เมตร และจากปี ค.ศ.1967 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบันได้เกิดแผ่นดินทรุดมากกว่า 0.91 เมตร ในระหว่างปี ค.ศ.1948 -1967 ที่บริเวณแอ่งซานตาครูส (Santa Cruz Basin) ซึ่งเป็นที่ต่ำนั้นเกิดแผ่นดินทรุด 0.15 เมตรแผ่ขยายออกไปตลอดพื้นที่ 570 ตารางกิโลเมตร และที่บริเวณคาซากรังเด อีลอย (Casa Grande-Eloy) แผ่นดินทรุดถึง 0.11 เมตรตลอดพื้นที่ 155 ตารางกิโลเมตร และที่บริเวณสแตนฟิลด์-มาริโคพา (Stanfield-Maricopa) แผ่นดินทรุดมากกว่า 0.91 เมตรตลอดพื้นที่ 350 ตารางกิโลเมตรบริเวณหุบเขาเซาท์วิเวอร์ ระหว่างปี ค.ศ.1948 - 1967 ที่ควีนครีค (Queen Creek) แผ่นดินทรุด 1.16 เมตร ทางตะวันตกของฐานทัพอากาศลุ๊ค (Luke Air Force Base) แผ่นดินทรุด 0.64 เมตร และทางตะวันออกของเนินเมซา (Mesa) แผ่นดินทรุด 1.13 เมตร ในระหว่างปี ค.ศ.1971-1975 ทางตะวันออกเฉียงใต้ของเนินเมซา มีรายงานว่าแผ่นดินทรุดประมาณ 0.30 เมตร

- การควบคุมอัตราการทรุดตัวของพื้นดิน โดยการเพิ่มระดับน้ำบาดาลที่บริเวณซานตาคลารา มลรัฐแคลิฟอร์เนีย หุบเขาซานตาคลาราซึ่งอยู่ระหว่างเทือกเขา 2 เทือกมีประชาชนอาศัยอยู่หนาแน่นเกิดแผ่นดินทรุดทางตอนใต้ของหุบเขาตลอดระยะทาง 40 กิโลเมตรจากเมืองเรดวูดถึงบริเวณตอนใต้ของเมืองซานโฮเซ การทรุดตัวเริ่มเกิดขึ้นในปี ค.ศ.1918 ทราบโดยทำการวัดระดับซ้ำ (Relevelling) ของหมุดระดับ (Bench marks) และจากการวัดค่าระดับเมื่อปี ค.ศ.1967 ก็ได้ทราบว่าในบริเวณกลางเมืองซานโฮเซ แผ่นดินทรุดถึง 4 เมตรตลอดพื้นที่ 650 ตารางกิโลเมตรและอัตราการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในบริเวณนี้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในปีค.ศ.

1916 มีอัตราการสูบน้ำปีละ 39,725 เอเคอร์ฟุตและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งปี ค.ศ.1960 มีอัตราสูบสูงถึงปีละ 185,000 เอเคอร์ฟุต ดังตัวอย่าง เช่น บ่อบาดาลบริเวณใจกลางเมืองซานโฮเซ ระดับน้ำลดลงไปถึง 58 เมตร นับจากปี ค.ศ.1916 ซึ่งแต่เดิมระดับน้ำสูงประมาณ 3.8 เมตรจากระดับผิวดิน แต่หลังจากปี ค.ศ.1966 เป็นต้นมาระดับน้ำบาดาลค่อยๆ เพิ่มขึ้นทั้งนี้เพราะได้ลดอัตราการสูบน้ำบาดาลลงและได้มีการสูบน้ำผิวดินจากบริเวณอื่นเข้ามาใช้แทน และนอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนที่ตกยังเพิ่มขึ้นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละปีที่ผ่านมา สาเหตุเหล่านี้เป็นผลให้ระดับน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นถึง 35 เมตร

นอกจากนี้แผ่นดินทรุดยังเนื่องมาจากสาเหตุอื่นๆ เช่น

ก. แผ่นดินทรุดเนื่องจากการสูบน้ำมัน

บริเวณตะวันออกของย่านเบรฟเวอรี ฮิล (Bravery Hill) เมืองลอสแองเจลิส มลรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นบริเวณที่มีแหล่งน้ำมันและมีการสูบน้ำมันขึ้นมาใช้มาก ปริมาณน้ำมันที่สูบขึ้นมาแล้วจนถึงเดือนธันวาคม ค.ศ.1975 ประมาณ 234 ล้านบาเรล โดยมีสถิติการสูบสูงที่สุดในเดือนกันยายน ค.ศ.1968 ซึ่งมีอัตราการสูบวันละ 34,000 บาเรล จากบ่อน้ำมันจำนวน 62 บ่อ อัตราการทรุดของแผ่นดินในระหว่างปี ค.ศ.1968 - 1969 ปีละ 0.06 ฟุต และปัจจุบันได้ลดลงเหลือประมาณปีละ 0.03 ฟุต เนื่องจากลดอัตราการสูบน้ำมันให้น้อยลง

บริเวณริมฝั่งโบลิวาร์ (Bolivar Coast) ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันออกของทะเลสาบมาราไคโบ (Maracaibi Lake) ประเทศสาธารณรัฐเวเนซุเอลา มีการสูบน้ำมันขึ้นมาจากแหล่งใต้ดินมากเช่นกัน และในปีค.ศ.1930 จึงได้มีการวางหมุดระดับ ในตอนแรกได้คาดว่าการทรุดสืบเนื่องมาจากการอัดตัวของดินเหนียวซึ่งเป็นชั้นที่วางซ้อนทับอยู่บนชั้นทรายแต่เพียงประการเดียว แต่หลังจากที่ได้ศึกษาในห้องปฏิบัติการ จึงพบว่าการอัดตัวในชั้นทรายก็เกิดในอัตราเดียวกันกับในชั้นดินเหนียว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการทรุดนั้นเกิดทั้งในชั้นทรายและชั้นดินเหนียว ปัจจุบันแผ่นดินได้ทรุดลงจากเดิมในบริเวณนี้ประมาณ 20-410 เซนติเมตร

ข. แผ่นดินทรุดเนื่องจากการนำแก๊สธรรมชาติขึ้นมาใช้

บริเวณเมืองโกรนินเกน (Groningen) ในประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นบริเวณหนึ่งที่ผลิตแก๊สธรรมชาติมากที่สุดในโลกจากชั้นหินทรายซึ่งอยู่ลึกประมาณ 2,900 เมตร และหนาประมาณ 150 เมตร เนื่องจากนำแก๊สขึ้นมาใช้มากจึงทำให้ความดันในชั้นที่ให้แก๊สลดลงถึง 300 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จากการสร้างแบบจำลองโดยวิธีคำนวณสามารถพยากรณ์ได้ว่าในปี ค.ศ.2050 แผ่นดินจะทรุดประมาณ 1 เมตร

ค. แผ่นดินทรุดเนื่องจากการทำเหมืองถ่านหิน

บริเวณตำบลนิวคาสเซิล (Newcastle) ซึ่งอยู่ทางด้านทิศเหนือของเมืองซิดนีย์ เครือรัฐออสเตรเลียประมาณ 150 กิโลเมตร เป็นบริเวณที่ทำเหมืองถ่านหิน มีรายงานว่าบริเวณนี้เกิดแผ่นดินทรุดประมาณ 1.3 เมตร

ง. แผ่นดินทรุดในบริเวณพื้นที่ที่รองรับด้วยหินปูน

แผ่นดินทรุดในบริเวณหินประเภทนี้มักสืบเนื่องมาจากการสูบน้ำบาดาล เกิดขึ้นเมื่อชั้นหินปูนซึ่งมีโพรงมีหินร่วนประเภทดินทรายและกรวดปกคลุมอยู่ และอีกประการหนึ่งเกิดจากหลุมยุบ (Sinkholes) ถูกทับถมอยู่ด้วยหินร่วน ในชั้นหินปูนนี้ระดับน้ำบาดาลจึงจำต้องรักษาไว้ไม่ให้ลดต่ำลงมากนักเพื่อพยุงหินร่วนไว้ไม่ให้ยุบตัว ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้แผ่นดินทรุด

ฮาเล่ย์และอัลดริค (Haley and Aldrich, 1969) ได้ทำการศึกษาและทราบว่าถ้าระดับน้ำในชั้นดินเหนียวลดลง แรงดันที่มีต่อชั้นดินจะเพิ่มขึ้น ดินจะอัดตัวกันมากขึ้นทำให้เกิดแผ่นดินทรุดตัว และยังทำการคำนวณว่าถ้ามีแรงดันต่อชั้นน้ำกรุงเทพเพิ่มขึ้น 3-5 ตันต่อตารางเมตร แรงดันดังกล่าวนี้เกิดจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากแรงดันของน้ำลดลง จะทำให้ดินเหนียวยุบตัวประมาณ 0.05-0.07 เมตร

แบรนด์และประวีชณา (Brand and Paveechana, 1971) ได้ทำการคำนวณการทรุดตัวของดินไว้ 4 แห่ง โดยตั้งสมมุติฐาน 2 ชนิด คือ

สมมุติฐานที่ 1 ระดับน้ำบาดาลในชั้นดินเหนียวลดลง แต่ชั้นดินเหนียวยังคงอิ่มตัวด้วยน้ำและระดับน้ำในชั้นดินเหนียวไม่ลดแต่ระดับน้ำในชั้นทรายที่รองรับอยู่ข้างล่างลดลง ผลจากการคำนวณโดยใช้สมมุติฐาน 2 ชนิด ได้ผลว่าชั้นดินกรุงเทพมหานครตอนบนจะสามารถทรุดตัวได้มากที่สุดประมาณ 0.82-1.04 เมตร และได้คำนวณต่อไปด้วยว่าในสมมุติฐานแรกถ้าระดับน้ำในชั้นดินเหนียวลดลง 1.3 เมตร จะทำให้แผ่นดินทรุดประมาณ 10 เซนติเมตร

สมมุติฐานที่ 2 ถ้าระดับน้ำในชั้นทราย ซึ่งเป็นชั้นที่อยู่ใต้ชั้นดินเหนียวลดลง 4.7 เมตร จะทำให้แผ่นดินทรุดประมาณ 10 เซนติเมตร

โดยให้เหตุผลว่า การทรุดตัวของแผ่นดินอาจจะไม่ได้เกิดเพราะการสูบน้ำบาดาลเพียงอย่างเดียวแต่ยังมีปัจจัยน้ำหนักจากภายนอกที่กดลงบนพื้นดิน เช่น น้ำหนักตัวตึก น้ำหนักของถนน หรือบ่อต่างๆ ก็อาจจะเป็นสาเหตุให้แผ่นดินทรุดได้