บทที่ 4

การวิเคราะห์และรายงานผล

4.1 องค์ประกอบหลักในแบบจำลอง

1. การแบ่งพื้นที่ออกเป็นกริด

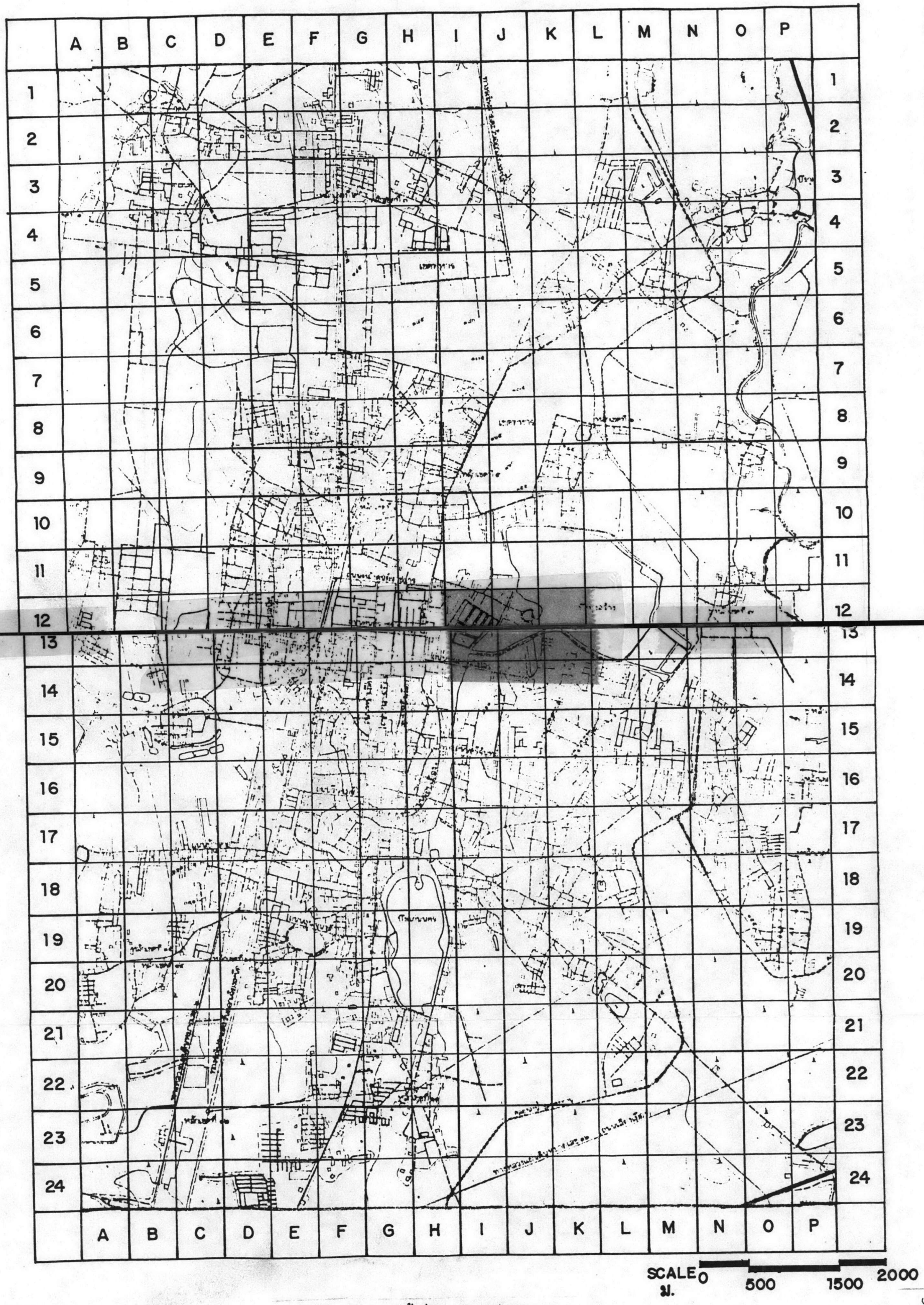
พื้นที่ศึกษามีขนาดกว้าง 8 กิโลเมตร และยาว 12 กิโลเมตร รวมขนาดพื้นที่ 96 ตารางกิโลเมตร และได้ทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็นกริดขนาดเท่าๆ กันที่ความกว้างและความยาว 500 X 500 เมตร ทำให้มีกริดในแนวแกน X ทั้งสิ้น 16 กริด โดยไล่ลำดับตัวอักษรภาษาอังกฤษตั้งแต่ A,B,C,...,.P และมีกริดในแนวแกน Y ทั้งสิ้น 24 กริด โดยเรียงตามลำดับตัวเลข 1,2,3,...,.24 รวมเป็นจำนวนกริดทั้งสิ้น 384 กริด แต่ละกริดมีขนาดพื้นที่ 0.25 ตารางกิโลเมตร และแสดงการแบ่งพื้นที่ออกเป็นกริดในภาพที่ 4.1

2. การวิเคราะห์การใช้ที่ดิน

แผนที่แสดงการใช้ที่ดินที่มีอยู่ จะมีสองช่วงเวลา คือแผนที่แสดงการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2526 และ พ.ศ.2535 ซึ่งจัดทำโดยสำนักผังเมืองจากการออกสำรวจสภาพพื้นที่จริง แยกแยะแสดงประเภทการใช้ที่ดินตามสีต่างๆ ดังตารางที่ 4.1 นี้

ตารางที่ 4.1 การแยกประเภทการใช้ที่ดินโดยสำนักผังเมือง

ประเภทของการใช้ที่ดิน	สีที่ใช้
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	เหลือง
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	ส้ม
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก	แดง
อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ	ม่วงอ่อน
อุตสาหกรรมและคลังสินค้า	ม่วง
ชนบทและเกษตรกรรม	เขียว
นันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม	เขียวอ่อน
สถาบันการศึกษา	เขียวเข้ม
สถานประกอบศาสนกิจ	เทา
สถาบันราชการ สาธารณูปโภคและสาธารณูปการ	น้ำเงิน



ภาพที่ 4.1 การแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นตารางย่อย

ในการวิจัย ได้แยกประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือที่ดินที่พัฒนาแล้วเพื่อการอยู่อาศัย ที่ดินที่พัฒนาแล้วไม่ได้ใช้เพื่อการอยู่อาศัย และที่ดินที่ยังไม่ได้พัฒนามาใช้ประโยชน์ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 การแยกประเภทการใช้ที่ดินในการวิจัย

	ส่วนการใช้ที่ดิน	ประเภทการใช้ที่ดิน
1	ที่ดินพัฒนาแล้วเพื่อการอยู่อาศัย	– ที่อยู่อาศัย – ธุรกิจการค้าขนาดเล็ก – มหาวิทยาลัยขอนแก่น – ค่ายทหาร
2	ที่ดินพัฒนาแล้วไม่ใช้เพื่อการอยู่อาศัย	– สถานที่ราชการ หน่วยงาน – ธุรกิจขนาดใหญ่ – สถานประกอบศาสนกิจ – โรงงานอุตสาหกรรม – สวนสาธารณะ – สนามกีฬา – สถาบันการศึกษา – องค์กรเอกชน
3	ที่ดินยังไม่ได้พัฒนา	– พื้นที่เกษตรกรรม – ป่า – แหล่งน้ำ

ได้ทำการวัดขนาดพื้นที่ของกิจกรรมประเภทต่างๆ ในแต่ละกริดที่ปีพ.ศ.2526 และที่ปีพ.ศ.2535 สรุปเป็นประเภทของการใช้ที่ดินในตารางที่ 4.3

และจากการแยกประเภทการใช้ที่ดินทั้ง 2 ช่วงเวลา สามารถจัดทำแผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์ของการพัฒนาที่ดิน C_{2526} และ C_{2535} แสดงในภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 โดยที่ C_{2526} มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 36.24 และ C_{2535} มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 42.42 ทั้งพื้นที่

ตารางที่ 4.3

ขนาดการใช้ที่ดินประเภทต่างๆในเขตพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2526 และปีพ.ศ.2535

	ประเภทของการใช้ที่ดิน	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	
		พ.ศ.2526	พ.ศ.2535
1	สถานประกอบศาสนกิจ	0.9768	0.9768
2	สถาบันการศึกษา	1.1264	1.1264
3	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	8.9030	8.9030
4	ค่ายทหาร	1.4380	1.4380
5	สถานที่ราชการ หน่วยงาน	7.6372	7.6372
6	สวนสาธารณะ สนามกีฬา	0.5240	0.5240
7	แหล่งน้ำ	3.2693	3.2693
8	พื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย	14.1816	20.1236
9	เกษตรกรรม แหล่งน้ำ และยังไม่ได้พัฒนา	57.9437	52.0018
	รวม	96.00	96.00

พารามิเตอร์: เปอร์เซ็นต์การพัฒนาที่ดินมาใช้ประโยชน์
: ' C '
ปี พ.ศ. : 2526

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	0	0	5	0	0	1	4	0	0	0	0	0	15	0	0	0	1
2	0	22	74	32	48	53	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	7	0	5	97	100	100	42	5	7	15	2	0	68	5	0	0	3
4	81	57	58	90	100	100	100	82	53	18	7	8	67	16	62	5	4
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	63	5	15	62	11	1	0	5
6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70	85	18	5	1	0	0	6
7	100	100	100	94	80	100	42	37	63	78	100	20	0	0	0	0	7
8	100	100	100	87	22	18	13	7	25	98	60	28	0	26	32	8	8
9	100	100	100	74	6	64	72	18	53	100	42	38	0	0	40	1	9
10	60	94	100	81	31	62	30	20	74	52	44	58	0	0	0	0	10
11	28	78	100	96	66	48	78	54	18	2	0	0	0	5	20	0	11
12	31	89	100	91	96	84	100	100	85	31	0	0	0	12	15	0	12
13	28	41	18	67	78	48	84	92	56	21	34	8	60	7	0	0	13
14	24	7	22	26	32	46	91	94	14	34	86	74	52	28	11	4	14
15	5	8	61	93	24	46	94	100	90	92	85	82	93	71	67	15	15
16	5	0	5	16	85	87	96	100	87	100	62	70	41	77	51	62	16
17	10	8	16	41	68	78	82	67	37	54	64	18	45	41	9	4	17
18	1	15	6	44	73	66	63	8	51	44	28	17	13	8	24	33	18
19	3	0	34	31	71	70	56	0	1	7	16	7	0	0	11	74	19
20	9	6	10	3	21	18	62	11	2	5	1	1	0	0	0	1	20
21	0	0	67	10	3	7	21	52	6	0	0	44	2	0	0	0	21
22	60	5	27	3	0	10	22	38	1	0	0	46	2	0	0	0	22
23	48	14	36	0	0	11	10	51	0	0	0	0	0	0	0	0	23
24	0	1	16	0	21	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	24
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
																เฉลี่ย	36.24
																%	

ภาพที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ของการพัฒนาที่ดินมาใช้ประโยชน์ ปีพ.ศ.2526

พารามิเตอร์: เปอร์เซ็นต์การพัฒนาที่ดินมาใช้ประโยชน์
: 'C'
ปี พ.ศ. : 2535

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	0	0	8	0	0	5	6	1	0	0	0	4	22	0	0	0	1
2	0	26	80	37	51	57	16	1	5	0	0	2	0	0	0	0	2
3	7	10	28	97	100	100	76	18	12	15	4	1	68	8	7	2	3
4	85	66	81	98	100	100	100	87	53	21	12	8	67	22	81	10	4
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	10	19	66	11	1	0	5
6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96	90	18	5	2	2	1	6
7	100	100	100	100	98	100	74	44	75	92	100	20	0	0	0	0	7
8	100	100	100	87	74	35	33	15	30	100	100	35	2	26	32	8	8
9	100	100	100	88	6	81	85	68	54	100	85	48	1	6	40	1	9
10	63	94	100	94	66	86	38	77	90	52	44	58	0	0	0	0	10
11	36	84	100	98	94	74	93	68	18	2	0	0	0	6	22	0	11
12	42	93	100	100	100	84	100	100	92	31	0	0	0	14	15	0	12
13	43	48	32	92	84	92	100	100	68	21	34	8	60	9	1	0	13
14	33	8	32	48	86	80	100	100	28	67	93	83	52	28	11	4	14
15	13	16	68	95	24	84	98	100	100	96	92	88	100	92	83	15	15
16	5	0	5	16	100	100	100	100	100	100	73	92	84	92	63	84	16
17	16	12	32	53	84	84	92	80	53	68	64	18	50	52	24	4	17
18	5	32	16	52	92	100	65	16	63	68	44	17	13	16	30	33	18
19	3	2	47	36	92	96	61	0	8	12	22	7	2	1	20	74	19
20	24	16	10	3	24	18	78	11	2	5	5	3	1	0	1	3	20
21	2	0	67	10	3	32	48	52	6	0	0	44	23	0	0	0	21
22	60	5	40	3	1	10	24	68	1	0	0	46	2	0	1	0	22
23	48	14	36	0	21	20	16	67	1	0	0	0	0	0	1	1	23
24	0	1	16	48	38	8	1	5	0	0	0	0	0	0	0	1	24
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
																เฉลี่ย	42.42
																%	

ภาพที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ของการพัฒนาที่ดินมาใช้ประโยชน์ ปีพ.ศ.2535

3. การพยากรณ์จำนวนประชากร

จำนวนประชากรในอดีตแยกตามรายตำบลในเขตพื้นที่ศึกษา แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สถิติประชากรรายตำบลในเขตพื้นที่ศึกษา

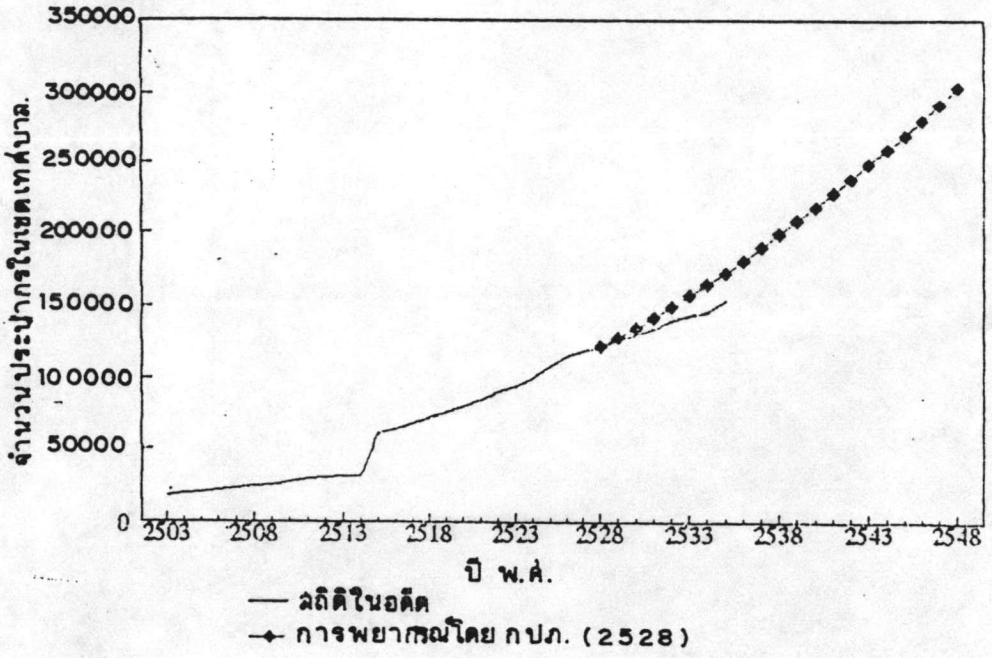
ปี	ตำบล			
	ศิลา	บ้านเป็ด	เมืองเก่า	พระลับ
2523	7,210	1,390	1,754	2,536
2524	7,430	1,459	1,842	2,712
2525	7,650	1,570	1,962	2,792
2526	8,122	1,638	2,078	2,901
2527	8,292	1,724	2,308	3,119
2528	8,685	1,893	2,372	3,179
2529	8,852	1,901	2,397	3,213
2530	9,053	1,980	2,423	3,239
2531	9,512	2,071	2,465	3,281
2532	9,665	2,135	2,533	3,335
2533	9,964	2,264	2,973	3,800
2534	10,260	2,348	3,065	3,856
2535	10,750	2,445	3,167	3,934

และแสดงตารางเปรียบเทียบจำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองขอนแก่น กับผลการศึกษาของ กปภ.(2526) ซึ่งศึกษาเฉพาะเขตเทศบาลเมืองขอนแก่น แสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.4 จะเห็นว่าข้อมูลประชากรจริงของเขตเทศบาลเมืองขอนแก่น ในช่วงปีพ.ศ.2526 ถึงช่วงปีพ.ศ. 2535 ต่ำกว่าผลจากการพยากรณ์จากการศึกษาของกปภ. โดยในปีพ.ศ.2528 นั้น ประชากรในเขตเทศบาลมีจำนวน 121,784 คน แต่จำนวนประชากรจากการศึกษาของ กปภ.มีจำนวน 122,300 คน และจำนวนประชากรจะเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านไป จนกระทั่งในปีพ.ศ. 2535 ในขณะที่จำนวนประชากรในเขตเทศบาลมี 154,580 คน แต่จำนวนประชากรจากการศึกษาของ กปภ.มี 173,240 คน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อัตราการเพิ่มของประชากรที่การศึกษาของ กปภ. ได้ประมาณไว้นั้น สูงกว่าค่าที่เกิดขึ้นจริงและทำให้จำนวนประชากรที่พยากรณ์ได้สูงตามไปด้วย ดังนั้นในการวิจัยได้ทำการปรับแก้การพยากรณ์จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองขอนแก่น

ตารางที่ 4.5 สถิติประชากรในเขตเทศบาล เปรียบเทียบกับผลการพยากรณ์โดย กปภ.

ปี พ.ศ.	สถิติ ในอดีต	การพยากรณ์ โดย กปภ
2503	18,495	–
2504	19,261	–
2505	20,445	–
2506	21,687	–
2507	23,575	–
2508	24,945	–
2509	26,175	–
2510	28,437	–
2511	30,247	–
2512	31,403	–
2513	31,625	–
2514	32,393	–
2515	61,004 **	–
2516	64,402	–
2517	67,904	–
2518	71,526	–
2519	75,363	–
2520	80,115	–
2521	84,483	–
2522	89,925	–
2523	94,019	–
2524	100,210	–
2525	108,404	–
2526	115,515	–
2527	119,373	–
2528	121,784	122,300
2529	127,168	128,660
2530	129,806	135,350
2531	134,307	142,390
2532	140,639	149,790
2533	143,708	157,580
2534	145,598	165,220
2535	154,580	173,240
2536	–	181,640
2537	–	190,450
2538	–	199,690
2539	–	208,670
2540	–	218,070
2541	–	227,880
2542	–	238,140
2543	–	248,860
2544	–	259,070
2545	–	269,690
2546	–	280,760
2547	–	292,280
2548	–	304,280

** ขยายเขตเทศบาล



ภาพที่ 4.4 สถิติประชากรในเขตเทศบาล เปรียบเทียบกับผลการพยากรณ์โดย กปภ.

โดยยึดตามตัวเลขจำนวนประชากรจริงเป็นฐานข้อมูล และเริ่มพยากรณ์ตั้งแต่ปีพ.ศ.2536 ออกไปจนสิ้นระยะเวลาศึกษา คือปีพ.ศ.2548 โดยยึดตามสมมติฐานและวิธีการที่การศึกษาของกปภ. ที่ได้ตั้งและจัดทำไว้ดังนี้คือ

ก.) ข้อมูลจำนวนประชากรในอดีต

ข้อมูลจำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองขอนแก่นในอดีตมีการเพิ่มในอัตราเฉลี่ยในระยะเวลา 2 ทศวรรษ ดังนี้

ทศวรรษ	อัตราการเพิ่มโดยเฉลี่ย
2503-2513	5.4%
2513-2523	5.6%

ซึ่งอัตราการเพิ่มนี้ เป็นอัตราที่สูงกว่าอัตราเฉลี่ยของการเพิ่มประชากรของทั้งประเทศในช่วง 2 ทศวรรษดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการอพยพย้ายถิ่นของประชากรเข้ามายังเขตตัวเมืองมีปริมาณสูงมาก

ข.) อัตราการเพิ่มของประชากรตามธรรมชาติ

เป็นการเพิ่มของประชากรเนื่องจากการเพิ่มของประชากรแรกเกิด และมาตรฐานทางการแพทย์ที่สูงขึ้น แหล่งข้อมูลของอัตราการเพิ่มประชากรตามธรรมชาตินี้ มาจากกรมการปกครองแหล่งหนึ่ง และสำนักงานสถิติแห่งชาติอีกแหล่งหนึ่ง โดยแสดงอัตราการเพิ่มดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 อัตราการเพิ่มของประชากรตามธรรมชาติโดยเฉลี่ยทั้งประเทศ
(ที่มา : PWA "Revised Master Plan and Feasibility Study , Khon Kaen Water Supply System",1986)

พ.ศ.	อัตราการเพิ่มของประชากรทั้งประเทศ	
	กรมการปกครอง (สถิติ)	สำนักงานสถิติแห่งชาติ (ประมาณ)
2503–2513	3.3	2.7
2513–2523	2.8	2.7

กปภ. ได้ทำการปรับและประมาณอัตราการเพิ่มของประชากรตามธรรมชาตินี้ ทุกๆ ช่วง 5 ปี จากการเปรียบเทียบกับการพยากรณ์โดยหลายๆ หน่วยงาน เช่น ธนาคารโลก, กระทรวงสาธารณสุข, สถาบันวิจัยประชากรศาสตร์ จุฬาฯ, สำนักงานสภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เป็นดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การประมาณอัตราการเพิ่มของประชากรตามธรรมชาติโดย กปภ.
(ที่มา : PWA "Revised Master Plan and Feasibility Study , Khon Kaen Water Supply System",1986)

ช่วงเวลา (พ.ศ.)	อัตราการเพิ่มประชากรโดยธรรมชาติ (%)
2523–2528	2.1
2528–2533	2.0
2533–2538	1.9
2538–2543	1.8
2543–2548	1.7

ค.) อัตราการอพยพย้ายถิ่นของประชากร

อัตราการอพยพย้ายถิ่นของประชากรเข้ามายังเขตเทศบาลเมืองขอนแก่น จะเป็น 2.1% ในช่วงทศวรรษ 2503-2513 และเป็น 2.8% ในช่วงทศวรรษ 2513-2523 ทั้งนี้การที่มีการอพยพย้ายถิ่นของประชากรเข้ามายังเขตเทศบาลเมืองขอนแก่นเป็นจำนวนมาก เพราะว่าได้มีหน่วยราชการในระดับเขตและระดับจังหวัดเป็นจำนวนมาก จัดตั้งขึ้นในเขตจังหวัดขอนแก่น อันเป็นผลมาจากนโยบายที่กำหนดให้จังหวัดขอนแก่นเป็นศูนย์กลางของภาคอีสานตอนบน และจากนั้นก็ได้มีการประกอบธุรกิจการค้าเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ประชากรจากที่อื่นๆ ก็อพยพตามเข้ามาเนื่องจากมีโอกาสดีกว่าในด้านการงานและด้านเศรษฐกิจ แต่อย่างไรก็ตาม จังหวัดขอนแก่นไม่ได้ถูกวางนโยบายให้เป็นเขตอุตสาหกรรม ดังนั้นในอนาคตแล้ว การอุตสาหกรรมในจังหวัดขอนแก่น จะไม่ขยายตัวมากนัก และเนื่องจากเหตุผลข้างต้น กปภ.ได้ประมาณอัตราการเพิ่มของประชากรในการอพยพย้ายถิ่นดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การประมาณอัตราการอพยพย้ายถิ่นของประชากรโดย กปภ.
(ที่มา : PWA "Revised Master Plan and Feasibility Study , Khon Kaen Water Supply System",1986)

ช่วงเวลา (พ.ศ.)	อัตราการอพยพย้ายถิ่น (%)	
	ประมาณอย่างต่ำ	ประมาณอย่างสูง
2503–2513	2.1	
2513–2523	2.8	
2523–2528	3.3	3.3
2528–2533	3.1	3.3
2533–2538	2.9	3.0
2538–2543	2.6	2.8
2543–2548	2.2	2.6

ง.) จำนวนประชากรของการศึกษาเดิม

จากอัตราการเพิ่มของประชากรทั้ง 2 ส่วน คืออัตราการเพิ่มตามธรรมชาติและอัตราการเพิ่มเนื่องจากการอพยพย้ายถิ่นของประชากร กปภ.ได้รวมอัตราการเพิ่มของประชากรทั้ง 2 ส่วนเข้าด้วยกัน แสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การประมาณอัตราการเพิ่มรวมของประชากรโดย กปภ.
(ที่มา : PWA "Revised Master Plan and Feasibility Study , Khon Kaen Water Supply System",1986)

ช่วงเวลา (พ.ศ.)	อัตราการเพิ่มของประชากร (%)		อัตราการเพิ่มตามธรรมชาติ (%)	อัตราการเพิ่มจากการอพยพย้ายถิ่น (%)	
	ประมาณอย่างต่ำ	ประมาณอย่างสูง		ประมาณอย่างต่ำ	ประมาณอย่างสูง
2503–2513	5.4		3.3	2.1	
2513–2523	5.6		2.8	2.8	
2523–2528	5.4	5.4	2.1	3.3	3.3
2528–2533	5.1	5.3	2.0	3.1	3.3
2533–2538	4.8	4.9	1.9	2.9	3.0
2538–2543	4.4	4.6	1.8	2.6	2.8
2543–2548	3.9	4.3	1.7	2.2	2.6

ส่วนผลการพยากรณ์จำนวนประชากรตามสมมติฐานข้างต้น ได้แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การพยากรณ์จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองขอนแก่นโดย กปภ.
(ที่มา : PWA "Revised Master Plan and Feasibility Study , Khon Kaen Water Supply System",1986)

ปี พ.ศ.	ค่าเฉลี่ย	ประมาณอย่างสูง	ประมาณอย่างต่ำ
2528	122,300	122,298	122,298
2529	128,660	128,780	128,535
2530	135,350	135,605	135,090
2531	142,390	142,792	141,980
2532	149,790	150,360	149,221
2533	157,580	158,329	156,831
2534	165,220	166,087	164,359
2535	173,240	174,225	172,248
2536	181,640	182,762	180,516
2537	190,450	191,718	189,181
2538	199,690	201,112	198,261
2539	208,670	210,363	206,984
2540	218,070	220,040	216,092
2541	227,880	230,162	225,600
2542	238,140	240,749	235,526
2543	248,860	251,824	245,889
2544	259,070	262,652	255,479
2545	269,690	273,946	265,442
2546	280,760	285,726	275,795
2547	292,280	298,012	286,551
2548	304,280	310,827	297,726

จ.) อัตราการเพิ่มของประชากรที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากผลการพยากรณ์จำนวนประชากรที่ทางกปภ.ได้จัดทำไว้นั้น ได้ใช้ฐานข้อมูลถึงปีพ.ศ.2526 ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการปรับแก้และประมาณค่าอัตราการเพิ่มของประชากร โดยใช้ข้อมูลจริงในช่วงปีพ.ศ.2526 ถึงปีพ.ศ.2533 ประกอบการพิจารณา ดังจะเห็นว่า

อัตราการเพิ่มของประชากรที่ กปภ.ประมาณไว้สำหรับช่วงปีพ.ศ.2523-ปีพ.ศ.2528 นั้น มีค่าเป็น 5.4 % ต่อปี และช่วงปี พ.ศ.2528-ปีพ.ศ.2533 นั้น มีค่าเป็น 5.2 % ต่อปี ในขณะที่อัตราการเพิ่มของประชากรจริงในช่วงระยะเวลาดังกล่าว(ปีพ.ศ.2523-ปีพ.ศ.2533) มีค่าเป็น 4.4 % ต่อปี ดังนั้น ได้ทำการปรับแก้อัตราการเพิ่มของประชากร จากการศึกษาของ กปภ.โดยการคำนวนหาการลดลงของอัตราการเพิ่มของประชากร และได้นำค่าการลดลงของอัตราการเพิ่มนั้น ไปปรับแก้ค่าอัตราการเพิ่มของประชากร ทั้งนี้โดยอาศัยข้อมูลประชากรจริงหลังจากการประมาณของ กปภ. เป็นฐานในการคำนวนดังนี้

ช่วงเวลา	อัตราการเพิ่มเฉลี่ยต่อปีของประชากร(%)	การลดของอัตราการเพิ่มต่อปี
2503-2513	5.4	-
2513-2523	5.6	-
2523-2528	5.4	-0.04
2528-2533	5.2	-0.04
2533-2538	4.85	-0.07
2538-2543	4.5	-0.07
2543-2548	4.1	-0.08

ดังนั้น การปรับแก้อัตราการเพิ่มของประชากรจะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การประมาณอัตราการเพิ่มของประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ช่วงเวลา (พ.ศ.)	การลดของอัตราการเพิ่มต่อปี*	อัตราการเพิ่มต่อปีของประชากร (%)
2503-2513	-	5.4
2513-2523	-	5.6
2523-2533	-	4.4
2533-2538	-0.04	4.20
2538-2543	-0.04	3.50
2543-2548	-0.07	3.15

* กปภ.

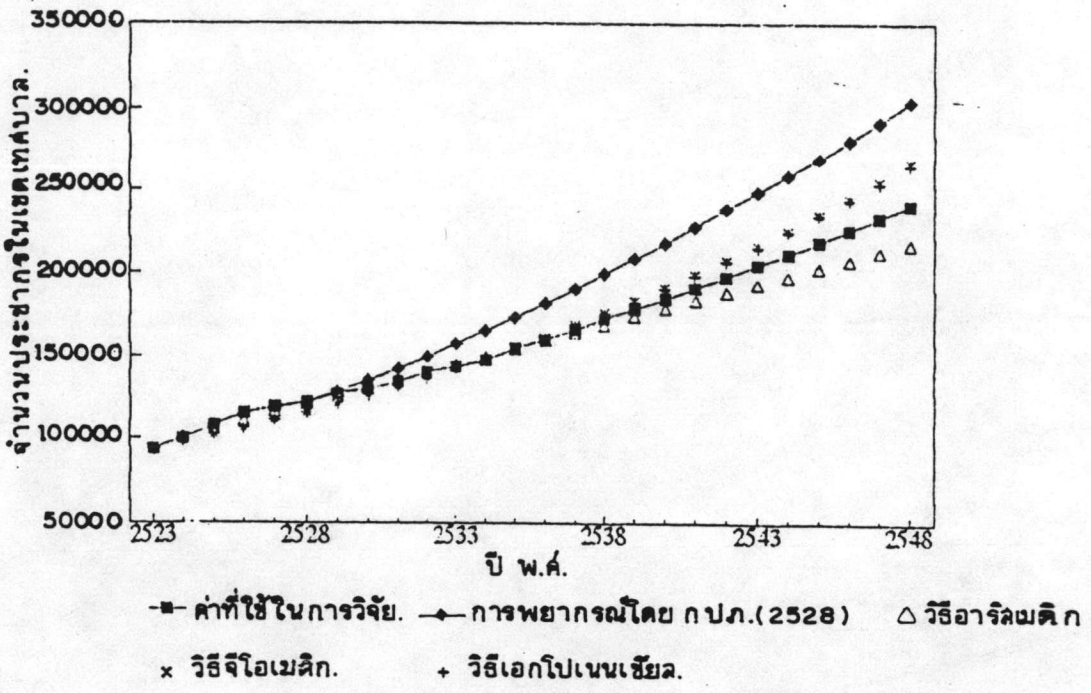
ฉ.) จำนวนประชากรในการวิจัย

เมื่อทำการปรับแก้อัตราการเพิ่มของประชากรเรียบร้อยแล้ว สามารถพยากรณ์จำนวนประชากรได้ใหม่ ดังแสดงผลการพยากรณ์จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองขอนแก่นสำหรับการวิจัยครั้งนี้ในตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.12 การพยากรณ์จำนวนประชากรในเขตเทศบาลที่ใช้สำหรับงานวิจัย

ปี พ.ศ.	สถิติในอดีต	การพยากรณ์โดย กปภ	ค่าที่ใช้ในการวิจัย	ปี พ.ศ.	สถิติในอดีต	การพยากรณ์โดย กปภ	ค่าที่ใช้ในการวิจัย
2503	18,495	–	–	2526	115,515	–	–
2504	19,261	–	–	2527	119,373	–	–
2505	20,445	–	–	2528	121,784	122,300	121,784
2506	21,687	–	–	2529	127,168	128,660	127,168
2507	23,575	–	–	2530	129,806	135,350	129,806
2508	24,945	–	–	2531	134,307	142,390	134,307
2509	26,175	–	–	2532	140,639	149,790	140,639
2510	28,437	–	–	2533	143,708	157,580	143,708
2511	30,247	–	–	2534	145,598	165,220	147,598
2512	31,403	–	–	2535	154,580	173,240	154,580
2513	31,625	–	–	2536	–	181,640	160,299
2514	32,393	–	–	2537	–	190,450	166,230
2515	61,004	** –	–	2538	–	199,690	172,381
2516	64,402	–	–	2539	–	208,670	178,414
2517	67,904	–	–	2540	–	218,070	184,658
2518	71,526	–	–	2541	–	227,880	191,121
2519	75,363	–	–	2542	–	238,140	197,810
2520	80,115	–	–	2543	–	248,860	204,733
2521	84,483	–	–	2544	–	259,070	211,489
2522	89,925	–	–	2545	–	269,690	218,468
2523	94,019	–	–	2546	–	280,760	225,677
2524	100,210	–	–	2547	–	292,280	233,124
2525	108,404	–	–	2548	–	304,280	240,817

** ขยายเขตเทศบาล



ภาพที่ 4.5 การพยากรณ์จำนวนประชากรในเขตเทศบาลที่ใช้สำหรับงานวิจัย

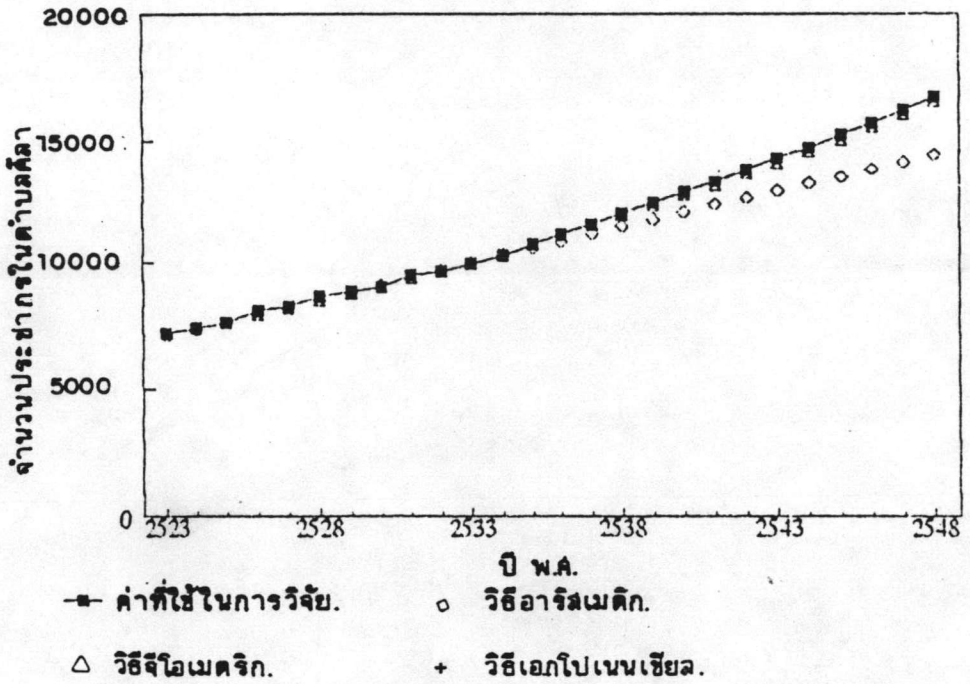
จากผลการพยากรณ์ที่ใช้ในการวิจัย จะเห็นว่าจำนวนประชากรมีค่าต่ำกว่าจำนวนประชากรจากการศึกษาของ กปภ. แต่จะมีค่าอยู่กลางระหว่างผลการพยากรณ์โดยใช้สมการคณิตศาสตร์วิธีอาริสเมติกกับวิธีจีโอเมตริก (วิธีเอกโปเนนเชียลได้ผลใกล้เคียงกับวิธีจีโอเมตริก)

สำหรับการพยากรณ์จำนวนประชากรในอีก 4 ตำบลที่เหลือในเขตพื้นที่โครงการนั้น ไม่มีผู้ดำเนินการศึกษามาก่อน และในการวิจัยครั้งนี้ถือว่าอยู่ติดกันกับเขตเทศบาลเมืองขอนแก่น และมีแนวโน้มในการที่จะขยายตัวใกล้เคียงกับการขยายตัวในเขตเทศบาลเมืองขอนแก่น ดังนั้น อัตราการเพิ่มของประชากรทั้ง 4 ตำบล จะเป็นค่าเดียวกันกับอัตราการเพิ่มของประชากรในเขตเทศบาลเมืองขอนแก่น และแสดงการพยากรณ์จำนวนประชากรใน 4 ตำบลเฉพาะในเขตพื้นที่ศึกษาในตารางที่ 4.13 และเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ในการวิจัยเทียบกับการพยากรณ์โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ธรรมดาในภาพที่ 4.6 ถึงภาพที่ 4.9

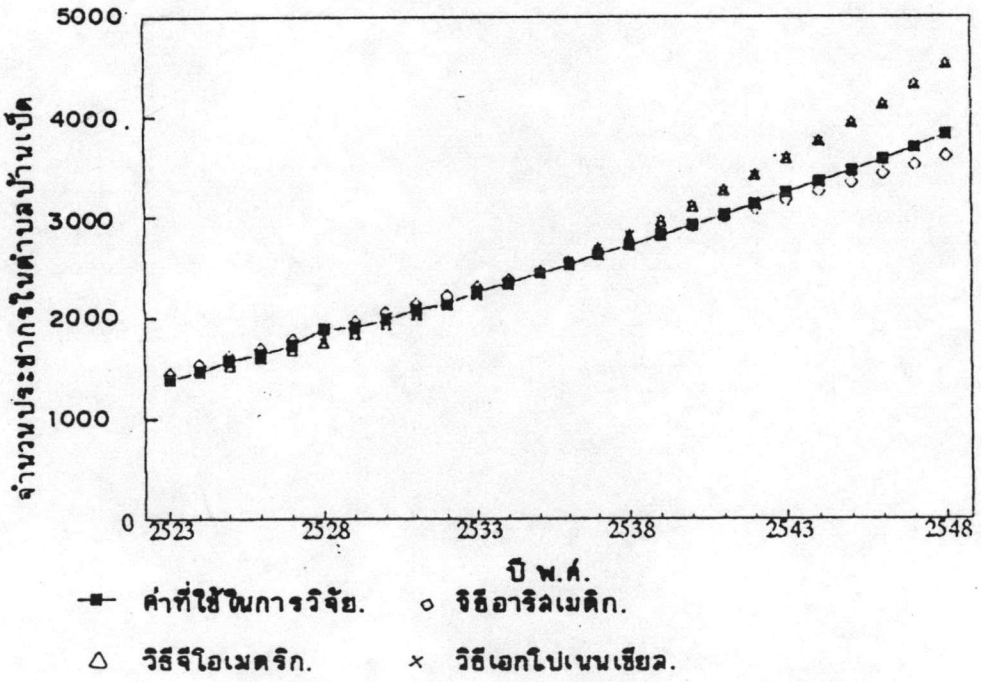
และสรุปการพยากรณ์จำนวนประชากรในเขตพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และภาพที่ 4.10

ตารางที่ 4.13 การพยากรณ์ประชากรรายตำบลในเขตพื้นที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

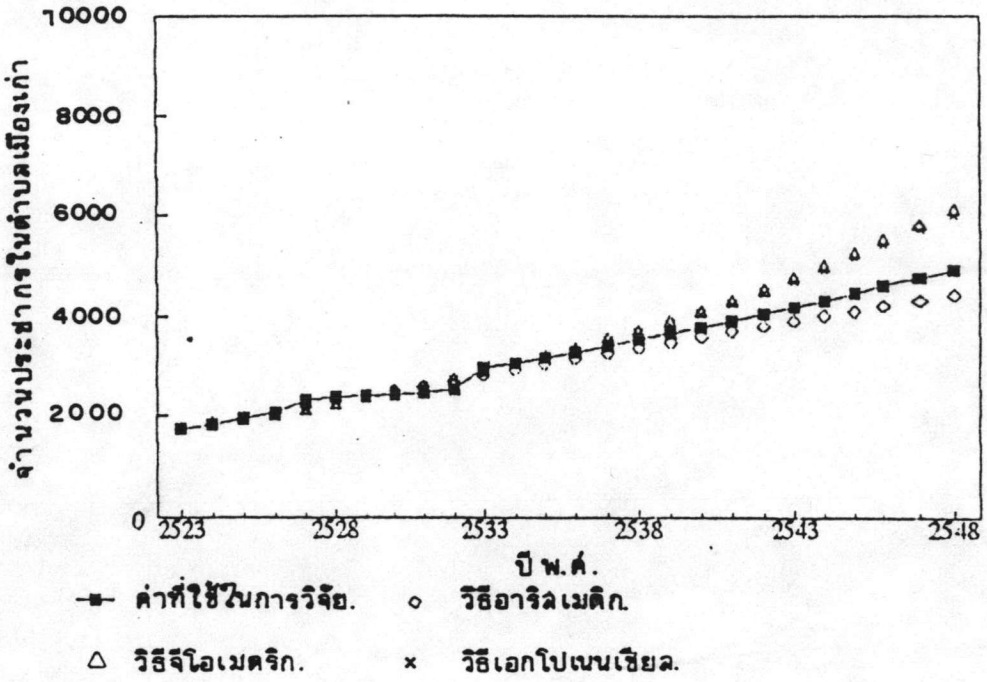
ปี	ตำบล			
พ.ศ.	ศิลา	บ้านเป็ด	เมืองเก่า	พระลับ
2523	7,210	1,390	1,754	2,536
2524	7,430	1,459	1,842	2,712
2525	7,650	1,570	1,962	2,792
2526	8,122	1,638	2,078	2,901
2527	8,292	1,724	2,308	3,119
2528	8,685	1,893	2,372	3,179
2529	8,852	1,901	2,397	3,213
2530	9,053	1,980	2,423	3,239
2531	9,512	2,071	2,465	3,281
2532	9,665	2,135	2,533	3,335
2533	9,964	2,264	2,973	3,800
2534	10,260	2,348	3,065	3,856
2535	10,750	2,445	3,167	3,934
2536	11,148	2,535	3,284	4,080
2537	11,560	2,629	3,406	4,231
2538	11,966	2,726	3,532	4,388
2539	12,408	2,821	3,656	4,542
2540	12,842	2,920	3,784	4,701
2541	13,291	3,022	3,916	4,866
2542	13,756	3,128	4,053	5,036
2543	14,237	3,237	4,195	5,212
2544	14,707	3,344	4,333	5,384
2545	15,192	3,454	4,476	5,562
2546	15,693	3,568	4,624	5,746
2547	16,211	3,686	4,777	5,936
2548	16,746	3,808	4,935	6,132



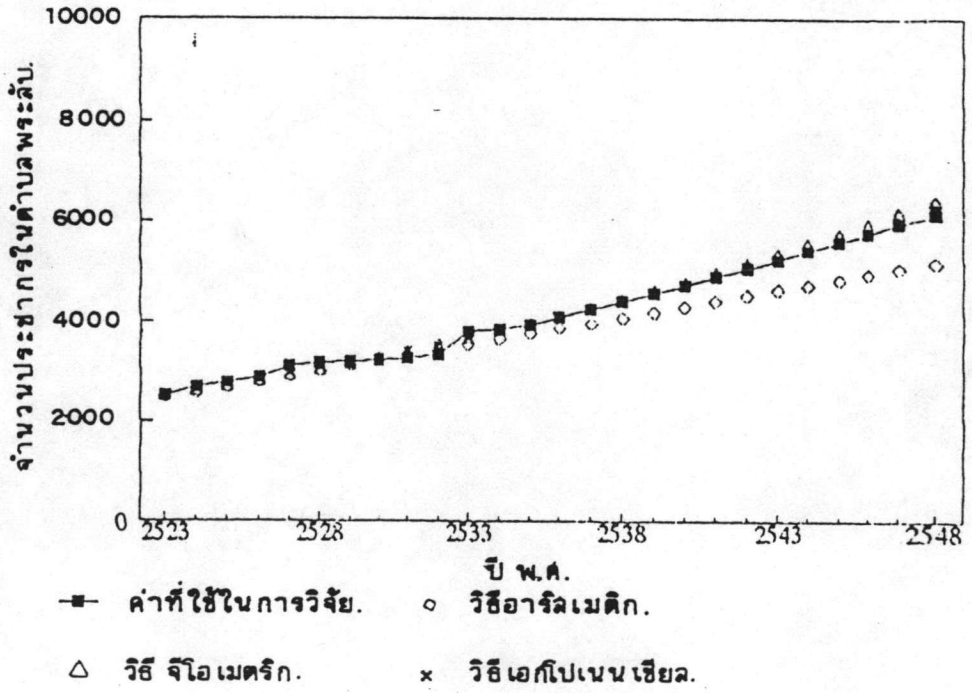
ภาพที่ 4.6 การพยากรณ์จำนวนประชากรในเขตตำบลศิลาในเขตพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 4.7 การพยากรณ์จำนวนประชากรในเขตตำบลบ้านเป็ดในเขตพื้นที่ศึกษา



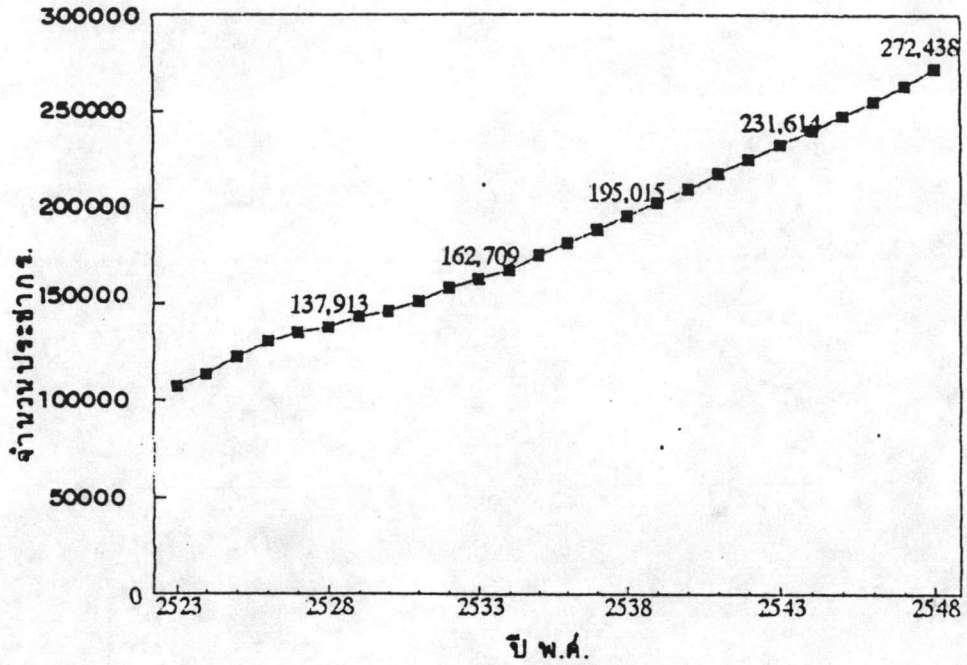
ภาพที่ 4.8 การพยากรณ์จำนวนประชากรในเขตตำบลเมืองเก่าในเขตพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 4.9 การพยากรณ์จำนวนประชากรในเขตตำบลพระลับในเขตพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4.14 จำนวนประชากรในเขตพื้นที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

ปี	ตำบล					รวมทั้ง
พ.ศ.	เทศบาลเมืองฯ	ศิลา	บ้านเป็ด	เมืองเก่า	พระลับ	พื้นที่ศึกษา
2528	121,784	8,685	1,893	2,372	3,179	137,913
2529	127,168	8,852	1,901	2,397	3,213	143,531
2530	129,806	9,053	1,980	2,423	3,239	146,501
2531	134,307	9,512	2,071	2,465	3,281	151,636
2532	140,639	9,665	2,135	2,533	3,335	158,307
2533	143,708	9,964	2,264	2,973	3,800	162,709
2534	147,598	10,260	2,348	3,065	3,856	167,127
2535	154,580	10,750	2,445	3,167	3,934	174,876
2536	160,299	11,148	2,535	3,284	4,080	181,346
2537	166,230	11,560	2,629	3,406	4,231	188,056
2538	172,381	11,988	2,726	3,532	4,388	195,015
2539	178,414	12,408	2,821	3,656	4,542	201,841
2540	184,658	12,842	2,920	3,784	4,701	208,905
2541	191,121	13,291	3,022	3,916	4,866	216,216
2542	197,810	13,756	3,128	4,053	5,036	223,783
2543	204,733	14,237	3,237	4,195	5,212	231,614
2544	211,489	14,707	3,344	4,333	5,384	239,257
2545	218,468	15,192	3,454	4,476	5,562	247,152
2546	225,677	15,693	3,568	4,624	5,746	255,308
2547	233,124	16,211	3,686	4,777	5,936	263,734
2548	240,817	16,746	3,808	4,935	6,132	272,438



ภาพที่ 4.10 จำนวนประชากรในเขตพื้นที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

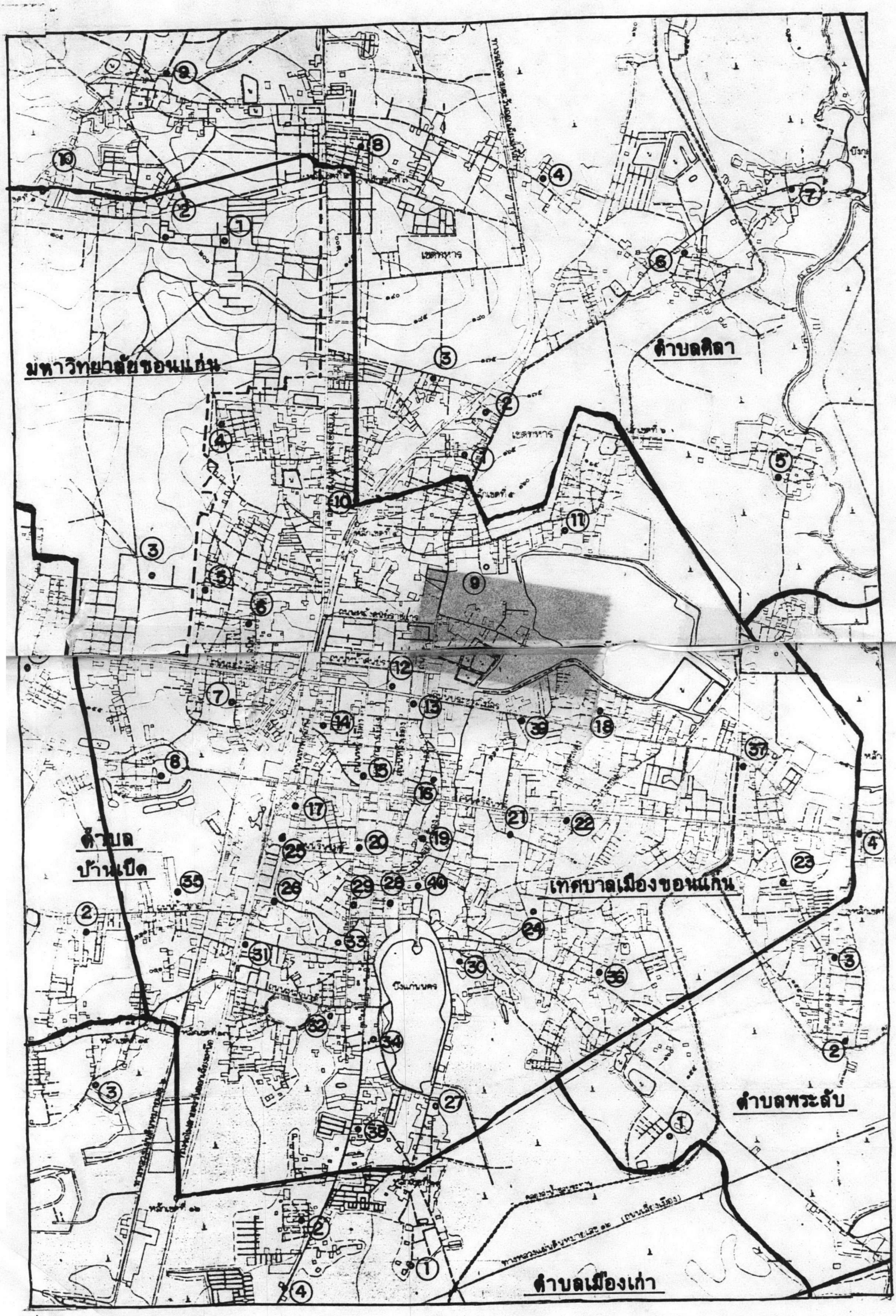
4. การกระจายตัวของประชากร

จากข้อมูลแสดงประชากรผู้มีสิทธิเลือกตั้งในปีพ.ศ.2526 และพ.ศ.2535 ดังที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 3.2. ได้วิเคราะห์การใช้ที่ดินในแต่ละหน่วยเลือกตั้งแยกเป็นการใช้ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย และการใช้ที่ดินประเภทอื่นแล้ว สามารถหาความหนาแน่นของประชากรในแต่ละหน่วยเลือกตั้งดังแสดงในตารางที่ 4.15 ดังตัวอย่างการคำนวนดังนี้

ในหน่วยเลือกตั้งที่ 10 เขตเทศบาลเมืองขอนแก่น มีพื้นที่ทั้งสิ้น 1.6250 ตร.กม.โดยเป็นพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย 0.6749 ตร.กม. และเป็นพื้นที่เพื่อการอื่น 0.9501 ตร.กม. และไม่มีแหล่งน้ำในเขตหน่วยเลือกตั้ง ประชากรในหน่วยเลือกตั้งมีจำนวน 3,624 คน ในปีพ.ศ.2526 และมีจำนวน 4,321 คน ในปีพ.ศ.2535 ดังนั้น

ความหนาแน่นประชากรในหน่วย = 3,624/1.625 = 2,230 คน/ตร.กม.

เลือกตั้งในปีพ.ศ.2526 จะเป็น



ที่มา : อำเภอเมืองขอนแก่น

ภาพที่ 4.11 ตำแหน่งของหน่วยเลือกตั้ง

ตารางที่ 4.15 ความหนาแน่นของประชากรในหน่วยเลือกตั้ง ปีพ.ศ.2526 และปีพ.ศ.2535

อำเภอ	หน่วยเลือกตั้งที่	พื้นที่ทั้งหมด (ตร.กม.)	พื้นที่ไม่รวมแหล่งน้ำ (ตร.กม.)	พื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย (ตร.กม.)	จำนวนประชากร (คน)		ความหนาแน่นประชากร (คน/ตร.กม.)		ความหนาแน่นในส่วนที่อยู่อาศัย (คน/ตร.กม.)	
					2526	2535	2526	2535	2526	2535
เทศบาลเมือง	1	2.4500	2.4500	2.2128	3,134	3,965	1,279	1,618	1,416	1,792
	2	3.0250	3.0250	2.8042	2,111	2,664	698	881	753	950
	3	3.6250	3.6250	3.3859	3,661	4,784	1,010	1,320	1,081	1,413
	4	1.4250	1.4250	0.4478	3,530	4,110	2,477	2,884	7,884	9,179
	5	0.4500	0.4500	0.2986	2,253	3,829	5,007	8,509	7,544	12,822
	6	0.9000	0.9000	0.6513	3,712	5,212	4,124	5,791	5,699	8,002
	7	1.0375	1.0375	0.4121	3,240	4,561	3,123	4,396	7,862	11,067
	8	1.7000	1.7000	0.2690	1,724	3,112	1,014	1,831	6,410	11,570
	9	1.9500	1.7000	0.5501	3,131	4,651	1,606	2,385	5,692	8,456
	10	1.6250	1.6250	0.6749	3,624	4,321	2,230	2,659	5,370	6,402
	11	2.3375	1.2750	0.5145	2,425	3,612	1,037	1,545	4,713	7,020
	12	1.1000	1.1000	0.3325	3,045	4,001	2,768	3,637	9,157	12,032
	13	0.7750	0.7750	0.2890	3,421	4,410	4,414	5,690	11,838	15,261
	14	0.5250	0.5250	0.2519	3,459	4,410	6,589	8,400	13,733	17,508
	15	0.3750	0.3750	0.2872	4,024	4,612	10,731	12,299	14,013	16,060
	16	0.2875	0.2875	0.2199	3,556	4,123	12,369	14,341	16,175	18,754
	17	0.3125	0.3125	0.1073	2,053	2,574	6,570	8,237	19,129	23,983
	18	1.2625	0.6625	0.4797	3,048	3,881	2,414	3,074	6,354	8,091
	19	0.3125	0.3125	0.2091	3,088	3,978	9,882	12,730	14,772	19,029
	20	0.4125	0.4125	0.3183	4,521	5,112	10,960	12,393	14,206	16,063
	21	0.8500	0.8500	0.3699	3,990	5,026	4,694	5,913	10,788	13,589
	22	0.9125	0.9125	0.4686	4,049	5,121	4,437	5,612	8,641	10,926
	23	1.7250	1.7250	0.3525	3,114	4,412	1,805	2,558	8,835	12,517
	24	0.7125	0.7125	0.2745	3,108	4,225	4,362	5,930	11,322	15,391
	25	0.4875	0.4875	0.2046	3,134	3,996	6,429	8,197	15,319	19,532
	26	0.5250	0.5250	0.1970	2,888	3,712	5,501	7,070	14,663	18,847
	27	1.5500	1.3100	0.2670	2,142	3,810	1,382	2,458	8,021	14,268
	28	0.1500	0.1500	0.1022	1,759	2,234	11,727	14,893	17,208	21,855
	29	0.1875	0.1875	0.1381	2,358	3,017	12,576	16,091	17,071	21,842
	30	0.9250	0.5825	0.2036	2,315	3,124	2,503	3,377	11,372	15,346
	31	1.6625	1.6625	0.4205	3,945	4,958	2,373	2,982	9,381	11,790
	32	0.1625	0.1625	0.0831	1,098	1,524	6,757	9,378	13,207	18,331
	33	0.4875	0.4075	0.2906	3,480	4,613	7,138	9,463	11,976	15,875
	34	0.4500	0.2672	0.1734	2,213	2,662	4,918	5,916	12,765	15,355
	35	1.0375	1.0375	0.1658	1,646	2,521	1,587	2,430	9,929	15,209
	36	2.1250	2.1250	0.3182	2,752	3,356	1,295	1,579	8,649	10,548
	37	2.8125	2.4980	0.4982	3,142	4,238	1,117	1,507	6,307	8,507
	38	2.2875	2.2875	0.2549	1,855	4,837	811	2,115	7,277	18,974
	39	0.5500	0.4250	0.1115	1,520	2,227	2,764	4,049	13,632	19,973
	40	0.2500	0.2500	0.1594	2,247	3,045	8,988	12,180	14,097	19,103
ศิลา	1	1.0000	1.0000	0.4773	1,422	1,624	1,422	1,624	2,980	3,403
	2	1.6375	1.6375	0.9037	1,532	1,746	936	1,066	1,695	1,932
	3	1.5250	1.5250	0.1129	603	810	395	531	5,343	7,178
	4	4.3125	4.3125	0.0874	543	713	126	165	6,210	8,155
	5	4.3875	4.3875	0.2427	612	931	139	212	2,522	3,836
	6	2.3625	2.3625	0.3873	853	1,312	361	555	2,202	3,387
	7	4.8875	4.8875	0.2586	586	889	120	182	2,266	3,437
	8	3.2500	3.2500	0.1920	654	832	201	256	3,406	4,333
	9	2.2500	2.2500	0.2656	661	992	294	441	2,489	3,736
	10	1.5750	1.5750	0.1560	656	901	417	572	4,205	5,776
บ้านเป็ด	1	1.3500	1.3500	0.3370	1,125	1,669	833	1,236	3,338	4,953
	2	2.1375	2.1375	0.1231	513	776	240	363	4,167	6,304
เด่นเก่า	1	5.8000	5.8000	0.1922	420	662	72	114	2,185	3,444
	2	1.0625	1.0625	0.0786	441	714	415	672	5,609	9,079
	3	3.3250	3.3250	0.3455	815	1,103	245	332	2,359	3,193
	4	1.2750	1.2750	0.1225	402	688	315	540	3,282	5,616
พะวับ	1	5.2900	5.2180	0.1280	775	1,201	147	227	6,057	9,386
	2	1.0375	1.0375	0.1419	839	1,078	809	1,039	5,912	7,596
	3	0.5750	0.5750	0.1293	753	944	1,310	1,642	5,826	7,304
	4	1.2250	1.2250	0.0719	534	711	436	580	7,432	9,896
รวม		96.00	92.73	24.52	130,254	174,876	เฉลี่ย 1,357	1,822	5,312	7,131

ความหนาแน่นประชากรในหน่วย = 4,321/1.625 = 2,659 คน/ตร.กม.
เลือกตั้งในปีพ.ศ.2535 จะเป็น

และ

ความหนาแน่นประชากรในพื้นที่เพื่อ = 3,624/0.6749 = 5,370 คน/ตร.กม.
การอยู่อาศัยในหน่วยเลือกตั้งในปี
พ.ศ.2526 จะเป็น

ความหนาแน่นประชากรในพื้นที่เพื่อ = 4,321/0.6749 = 6,402 คน/ตร.กม.
การอยู่อาศัยในหน่วยเลือกตั้งในปี
พ.ศ.2535 จะเป็น

ดังนั้นกรัดใดๆ ที่มีพื้นที่อยู่ในหน่วยเลือกตั้งที่ 10 นี้ ก็จะมีความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัยนี้เป็น 5,370 คน/ตร.กม. ในปีพ.ศ.2526 และ 6,402 คน/ตร.กม. ในปีพ.ศ.2535 แต่ในความเป็นจริงแล้ว กรัดใดๆอาจไม่ได้มีพื้นที่อยู่ในหน่วยเลือกตั้งหน่วยหนึ่งหน่วยใด ดังนั้นจะสามารถหาความหนาแน่นของประชากรในกรัดได้ โดยการเทียบสัดส่วนความหนาแน่นของประชากรจากขนาดพื้นที่ในหน่วยเลือกตั้งที่กรัดนั้นมีขอบเขตครอบคลุมอยู่ และเมื่อทำการคำนวนตามขั้นตอนที่ได้อธิบายมานี้แล้ว สามารถจัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของประชากรในปี พ.ศ.2526 และปี พ.ศ.2535 ดังภาพที่ 4.12 และภาพที่ 4.13

5. ปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วย

การพิจารณาถึงปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยนั้น ได้พิจารณาแยกประเภทของการใช้น้ำต่อหน่วยออกเป็น 2 ประเภทคือ ปริมาณการใช้น้ำตาอหน่วยโดยประชากร ซึ่งคิดคำนวณในหน่วยลิตรต่อคนต่อวัน และปริมาณการใช้น้ำโดยกิจกรรมอื่น ซึ่งคิดคำนวณในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตรต่อวัน ทั้งนี้การแยกเป็น 2 ประเภทดังกล่าว ได้ยึดตามการแบ่งประเภทของการใช้ที่ดินตามหัวข้อที่ 4.1

ในการวิจัย ได้ดำเนินการออกแบบสอบถามในเบื้องต้นถึงปริมาณการใช้น้ำของกิจกรรมประเภทต่างๆในพื้นที่ศึกษาบางกิจกรรม โดยในขั้นต้นคาดว่าจะสามารถนำข้อมูลจากแบบสอบถาม

พารามิเตอร์: จำนวนประชากรในเขตพื้นที่ศึกษา
: 'P'
ปี พ.ศ. : 2526

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	0	0	15	0	0	9	35	0	0	0	0	0	110	0	0	0	1
2	0	66	391	171	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	0	0	41	21	23	174	191	44	101	196	32	0	0	29	0	0	3
4	263	261	318	240	337	448	0	108	51	24	111	0	0	92	359	29	4
5	192	192	192	294	362	448	0	0	0	0	0	52	262	63	6	0	5
6	192	192	192	328	362	448	34	0	0	79	248	101	28	6	0	0	6
7	192	192	192	318	422	940	601	96	130	261	446	113	0	0	0	0	7
8	192	276	276	761	444	317	170	70	149	423	492	199	0	0	150	52	8
9	276	276	276	591	106	879	725	173	514	696	445	415	0	0	258	6	9
10	374	200	276	1027	512	688	506	250	884	517	199	524	0	0	0	0	10
11	239	306	276	1165	1013	650	1072	635	262	17	20	0	0	0	255	0	11
12	265	297	276	1173	1273	1021	10	295	277	109	0	0	0	82	285	0	12
13	198	640	328	956	1682	1138	708	831	155	294	276	1	0	31	0	0	13
14	102	99	321	170	611	1502	3009	2504	275	1032	1397	1080	243	370	177	64	14
15	47	105	350	122	404	1597	2398	3309	1520	761	1874	864	155	664	994	233	15
16	53	0	0	23	127	3446	2825	3344	1508	1350	1475	1547	596	1113	974	1074	16
17	107	91	406	1063	1402	3063	2871	2331	833	703	1590	398	0	93	203	66	17
18	11	160	142	993	367	1944	1101	13	1320	1096	619	52	290	15	5	499	18
19	32	0	235	744	715	1481	1093	0	24	154	219	146	0	0	169	899	19
20	54	36	87	67	436	222	756	65	41	102	19	15	0	0	0	15	20
21	0	0	531	186	56	0	306	915	87	0	0	0	0	0	0	0	21
22	0	0	197	55	0	169	314	210	6	0	0	0	0	0	0	0	22
23	0	72	302	0	0	158	79	63	0	0	0	0	0	0	0	0	23
24	0	7	134	0	176	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
																รวม คน	130,254

ภาพที่ 4.12 การกระจายตัวของจำนวนประชากร ปีพ.ศ.2526

พารามิเตอร์: จำนวนประชากรในเขตพื้นที่ศึกษา
: 'P'
ปี พ.ศ. : 2535

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	0	0	38	0	0	28	34	6	0	0	0	38	142	0	0	0	1
2	0	99	490	232	21	23	90	6	40	0	0	19	0	0	0	0	2
3	0	96	230	18	19	113	317	102	105	117	38	10	0	47	41	12	3
4	286	300	426	325	415	479	0	98	31	36	114	8	0	139	480	59	4
5	238	238	238	363	446	479	0	0	0	114	40	103	396	78	6	0	5
6	238	238	238	404	446	479	26	0	0	183	336	140	39	14	12	6	6
7	238	238	238	419	552	815	694	139	171	306	447	156	0	0	0	0	7
8	238	354	354	673	1197	499	328	118	164	410	868	295	17	0	199	68	8
9	354	354	354	645	86	922	735	620	517	628	1060	591	9	51	341	9	9
10	436	300	354	1588	1216	841	444	908	1208	588	219	577	0	0	0	0	10
11	331	392	354	1542	1829	1038	1245	923	288	19	0	0	0	18	351	0	11
12	386	382	354	1387	1614	1094	0	305	416	121	0	0	0	131	351	0	12
13	352	935	606	1255	1564	1976	1056	1099	435	254	322	1	0	59	20	0	13
14	194	128	614	581	1455	2172	3259	2799	703	1812	1764	1395	261	398	191	68	14
15	117	236	589	216	387	2260	2691	3774	1989	944	2097	982	309	1068	1352	243	15
16	44	0	0	24	714	3963	3184	3839	2246	1452	1744	1967	1426	1258	1095	1388	16
17	140	115	810	1358	1902	3488	3665	3097	1405	1170	1574	366	99	294	469	65	17
18	44	280	363	1044	693	2997	1226	51	1559	1576	875	51	257	160	105	531	18
19	26	17	401	733	1031	2054	1195	0	237	246	314	130	31	16	292	838	19
20	151	100	84	70	624	323	1347	91	64	132	84	41	14	0	14	41	20
21	13	0	657	298	89	753	1305	1422	127	0	0	0	281	0	0	0	21
22	0	0	345	84	24	225	460	575	5	0	0	0	0	0	14	0	22
23	0	75	259	0	239	234	116	143	5	0	0	0	0	0	14	10	23
24	0	6	91	274	217	46	5	6	0	0	0	0	0	0	0	14	24
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
																รวม คน	174,876

ภาพที่ 4.13 การกระจายตัวของจำนวนประชากร ปีพ.ศ.2535

มาใช้ในการประเมินปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วย และสรุปเป็นปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยดังตารางที่ 4.16 แต่เนื่องจากจำนวนของตัวอย่างที่ได้มามีจำนวนน้อย และค่าปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยของแต่ละตัวอย่างมีความแปรผันแตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงไม่ใช้ข้อมูลชุดนี้ในการพิจารณา

ได้นำข้อมูลการผลิตและจำหน่ายน้ำ ของการประปาขอนแก่นมาเป็นชุดฐานข้อมูลในการพิจารณาปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยแทน และได้ประมาณปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยในอนาคต โดยยึดตามอัตราการเพิ่มที่ประมาณโดยการศึกษาของกปภ. ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.17 และตารางที่ 4.18

และได้ตั้งสมมตติฐาน ในการปรับข้อมูลปริมาณการจำหน่ายน้ำของการประปาขอนแก่นในช่วงปีที่มีข้อมูล เพื่อใช้ในการประมาณปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วย ทั้งนี้โดยยึดข้อกำหนดว่า การใช้น้ำในส่วนของราชการหน่วยงานและธุรกิจขนาดใหญ่นั้น ถือเป็นผู้ใช้น้ำรายใหญ่ (มากกว่า 300 ลบ.ม./เดือน) ทั้งสิ้น และการใช้น้ำในส่วนเพื่อการอยู่อาศัยและธุรกิจขนาดเล็ก เป็นผู้ใช้น้ำรายย่อย (น้อยกว่า 300 ลบ.ม./เดือน) ทั้งสิ้น และพิจารณาว่าผู้ใช้น้ำรายย่อย 1 ราย มีจำนวนหัวของประชากร (จำนวนคนต่อจุดจ่ายน้ำหนึ่งจุด) เท่ากับจำนวนหัวต่อบ้านพักอาศัยตามข้อมูลสถิติประชากร และเนื่องจากข้อมูลผู้ใช้น้ำรายใหญ่ของเขตจ่ายน้ำการประปาขอนแก่นมีเพียงระยะเวลา 3 ปีย้อนหลัง คือ ปีพ.ศ.2533-พ.ศ.2535 เท่านั้น จึงมีชุดข้อมูลสำหรับใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยเพียงแค่ 4 ปี คือ ปีพ.ศ.2527 (กปภ.) , พ.ศ.2533 ,พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2535 ผลของการคำนวนเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยในช่วงระยะเวลาดังกล่าวแสดงในตารางที่ 4.19

จะเห็นว่า ผลการคำนวนหาปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยประชากรให้ค่าลดลง โดยที่ ในปีพ.ศ.2527 ค่าปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยประชากรจะเป็น 168 ลิตรต่อคนต่อวัน (กปภ.)และการคำนวนตามสมมติฐานข้างต้นจะให้ค่าปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยลดลง โดยมีค่าเป็น 142,132 และ 137 ลิตรต่อคนต่อวัน ในปีพ.ศ.2533-ปีพ.ศ.2535 ตามลำดับ ซึ่งไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ที่ค่าปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยควรมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลา อันเนื่องมาจากปัจจัยหลายๆประการ อีกทั้งไม่ได้ถูกจำกัดการใช้น้ำ และสันนิษฐานว่าข้อมูลจำนวน

ตารางที่ 4.16 ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยในกิจกรรมบางประเภทจากการออกแบบสอบถาม

ที่อยู่อาศัย

ตัวอย่างที่	ที่อยู่	จำนวนผู้อยู่อาศัยโดยเฉลี่ย (คน)	ปริมาณน้ำใช้เฉลี่ย (ลบ.ม./เดือน)	ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วย (ลิตร/คน/วัน)
1	701/1 ซ.วุฒิอาราม	4	23.3	194
2	669/1 ซ.วุฒิอาราม	3	11.7	130
3	671 ซ.วุฒิอาราม	5	27.8	185
4	477/1 ซ.วุฒิอาราม	5	40.3	269
5	735/41 ซ.วุฒิอาราม	4	12.0	100
6	118 ถ.พลับพลีมือง	5	18.8	125
7	118/5 ถ.พลับพลีมือง	6	32.2	179
8	121 ถ.พลับพลีมือง	5	22.3	149
9	121/3 ถ.พลับพลีมือง	5	27.8	185
10	653/6 ถ.ชวนชื่น	4	14.7	123
11	660 ถ.ชวนชื่น	5	19.4	129
12	653/8 ถ.ชวนชื่น	5	32.4	216
13	226 ถ.เหล่านาดี	6	29.8	166
14	228 ถ.เหล่านาดี	4	13.6	113
15	221 ถ.เหล่านาดี	5	22.1	147
16	281/77 ม.ขอนแก่นวิลล่า	3	14.8	164
17	281/75 ม.ขอนแก่นวิลล่า	4	23.3	194
			เฉลี่ย	163

สถานศึกษา

ตัวอย่างที่	ที่อยู่	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	ปริมาณน้ำใช้เฉลี่ย (ลบ.ม./เดือน)	ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วย (ลบ.ม./ตร.กม./วัน)
1	ขอนแก่นวิทยายน	48	2745	1191
2	เทศบาลสวนสนุก	32	753	490
3	อนุบาลขอนแก่น	25	1214	1012
4	สนามบิน	22	356	337
5	ธนาคารขอนแก่นนคร	56	1217	453
6	กัลยาณวัตร	44	1089	516
7	วิทยาลัยเทคนิค	52	3098	1241
8	วิทยาลัยสาธารณสุข	49	3167	1347
			เฉลี่ย	823

สถานที่ราชการ

ตัวอย่างที่	ที่อยู่	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	ปริมาณน้ำใช้เฉลี่ย (ลบ.ม./เดือน)	ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วย (ลบ.ม./ตร.กม./วัน)
1	พิพิธภัณฑ์	43	232	112
2	ศูนย์สงเคราะห์ผู้ประสบภัย	4	334	1740
3	ป่าไม้จังหวัด	6	89	309
4	ศูนย์ฯ ธนาคารโลหิต	1	45	938
5	ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อ	4	292	1521
6	สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด	4	17	89
7	ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์	1	122	2542
8	ที่ทำการไปรษณีย์เกษาวัฒน์	1	33	688
9	เร่งรัดพัฒนาจังหวัด	6	226	785
10	โรงพยาบาลจิตเวช	8	3215	8372
11	โรงพยาบาลขอนแก่น	36	24960	14444
			เฉลี่ย	2867

ตารางที่ 4.17 ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยในปีพ.ศ.2527

(ที่มา : PWA "Revised Master Plan and Feasibility Study , Khon Kaen Water Supply System",1986)

กิจการรม	จำนวนผู้ใช้น้ำ	หน่วย	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม.)	ลิตร/คน/วัน	%
–บ้านพักอาศัยและธุรกิจขนาดเล็ก	88,184	คน	4,001,464	124	60.6
–ส่านราชการและธุรกิจขนาดใหญ่	255	ราย	2,597,852	81	39.3
รวม	88,184		6,599,316	205	100

ตารางที่ 4.18 อัตราการเพิ่มของปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วย จากการประมาณโดย กปภ.

(ที่มา : PWA "Revised Master Plan and Feasibility Study , Khon Kaen Water Supply System",1986)

ปี พ.ศ.	ลิตร/คน/วัน	อัตราการเพิ่มต่อปี (%)
2527	124	
2528	129	4.0
2533	153	3.7
2538	177	3.3
2543	197	2.9
2548	210	2.6

ตารางที่ 4.19 ปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยในปีพ.ศ.2533-พ.ศ.2535

พ.ศ.2527 กิจกรรมการใช้น้ำ	ลูกบาศก์เมตร	%	จำนวนผู้ใช้น้ำ (ราย)	ขนาดครัวเรือน (จำนวนคน/บ้าน)	ประชากร ผู้มีน้ำใช้	ขนาดที่ดิน (ตร.กม.)	ปริมาณ ความต้องการน้ำ	หน่วย	ปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมด ลิตร/คน/วัน
-บ้านพักอาศัยและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	4,001,464	60.63	11190	5.70	65237	24.52	168	ลิตร/คน/วัน	277
-ส่วนราชการและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่	2,597,852	39.37	255	-	-	10.27	693	ลบ.ม./ตร.กม./วัน	
รวม	6,599,316	100	11,445						

พ.ศ.2533 กิจกรรมการใช้น้ำ	ลูกบาศก์เมตร	%	จำนวนผู้ใช้น้ำ (ราย)	ขนาดครัวเรือน (จำนวนคน/บ้าน)	ประชากร ผู้มีน้ำใช้	ขนาดที่ดิน (ตร.กม.)	ปริมาณ ความต้องการน้ำ	หน่วย	ปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมด ลิตร/คน/วัน
-บ้านพักอาศัยและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	4,731,493	58.54	16806	5.32	91275	25.04	142	ลิตร/คน/วัน	243
-ส่วนราชการและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่	3,350,490	41.46	351	-	-	11.01	834	ลบ.ม./ตร.กม./วัน	
รวม	8,081,983	100	17,157						

พ.ศ.2534 กิจกรรมการใช้น้ำ	ลูกบาศก์เมตร	%	จำนวนผู้ใช้น้ำ (ราย)	ขนาดครัวเรือน (จำนวนคน/บ้าน)	ประชากร ผู้มีน้ำใช้	ขนาดที่ดิน (ตร.กม.)	ปริมาณ ความต้องการน้ำ	หน่วย	ปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมด ลิตร/คน/วัน
-บ้านพักอาศัยและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	5,111,692	59.96	19653	5.30	106270	29.5	132	ลิตร/คน/วัน	220
-ส่วนราชการและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่	3,413,792	40.04	398	-	-	10.92	856	ลบ.ม./ตร.กม./วัน	
รวม	8,525,484	100	20,051						

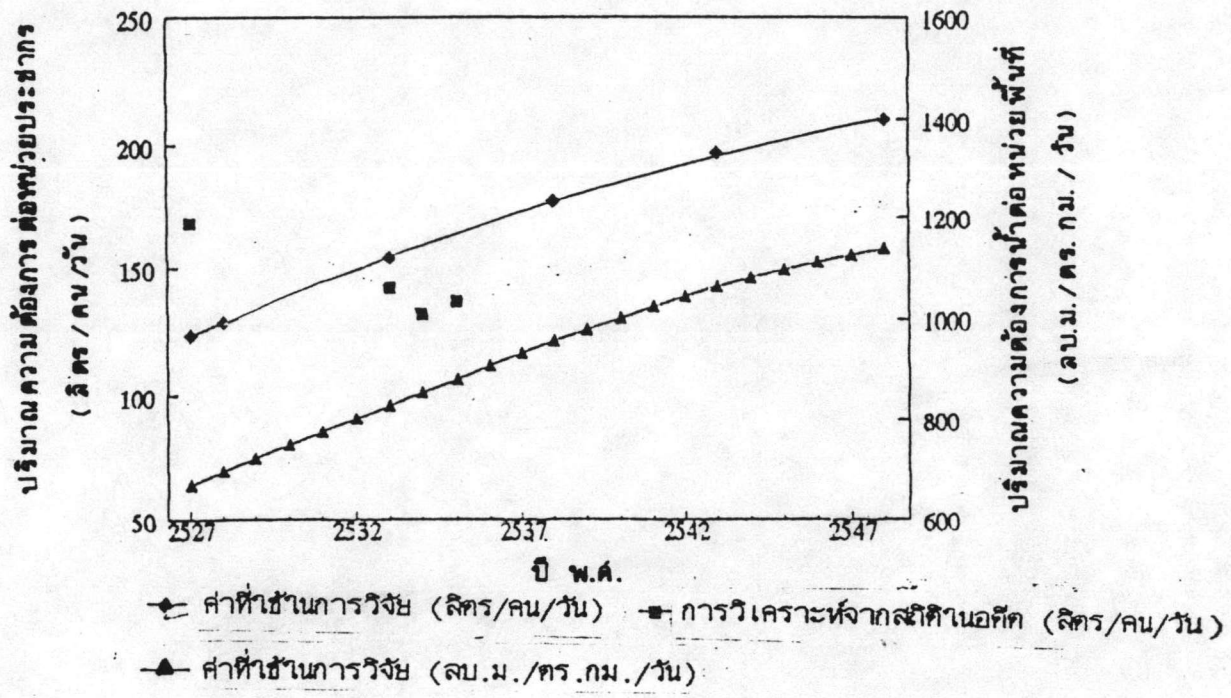
พ.ศ.2535 กิจกรรมการใช้น้ำ	ลูกบาศก์เมตร	%	จำนวนผู้ใช้น้ำ (ราย)	ขนาดครัวเรือน (จำนวนคน/บ้าน)	ประชากร ผู้มีน้ำใช้	ขนาดที่ดิน (ตร.กม.)	ปริมาณ ความต้องการน้ำ	หน่วย	ปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมด ลิตร/คน/วัน
-บ้านพักอาศัยและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	6,410,982	60.59	22819	5.49	127879	30.47	137	ลิตร/คน/วัน	227
-ส่วนราชการและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่	4,170,156	39.41	474	-	-	10.27	1112	ลบ.ม./ตร.กม./วัน	
รวม	10,581,138	100	23,293						

ประชากรต่อจุดจ่ายน้ำนั้นไม่เท่ากับจำนวนประชากรที่ได้รับน้ำจริงในแต่ละจุดจ่ายน้ำ และนอกจากนี้ปริมาณการใช้น้ำเพื่อการอยู่อาศัยในหลายครัวเรือนนั้น อาจใช้น้ำมากเกินกว่า 300 ลบ.ม. ต่อเดือน แต่ในสมมติฐานนั้น จะถือว่าการใช้น้ำในส่วนนี้ไม่ใช่การใช้น้ำเพื่อการอยู่อาศัยและธุรกิจขนาดเล็ก ทำให้ค่าปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยประชากรผิดพลาดได้

ดังนั้นในการวิจัยจึงใช้ค่าปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยประชากรตามที่ กปภ. ได้ทำการศึกษาและประเมินไว้ เนื่องจากความผิดพลาดสูงประกอบกับชุดข้อมูลมีจำนวนน้อย (4 ปี) และเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยประชากรโดยสมมติฐานข้างต้นกับค่าปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยประชากรที่ใช้ในการวิจัย (การศึกษาของ กปภ.) แสดงในตารางที่ 4.20 และ ภาพที่ 4.14

ตารางที่ 4.20 การประมาณปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยที่ใช้ในการวิจัย

ปี พ.ศ.	การใช้น้ำต่อหน่วยในอดีต		จากการศึกษาของ กปภ		ค่าที่ใช้ในงานวิจัย	
	บ้านพักอาศัย ลิตร/คน/วัน	ส่วนอื่น ลบ.ม./ตร.กม.	บ้านพักอาศัย ลิตร/คน/วัน	ส่วนอื่น ลิตร/คน/วัน	บ้านพักอาศัย ลิตร/คน/วัน	ส่วนอื่น ลบ.ม./ตร.กม.
2527	168	693	124	81	–	–
2528	–	–	129	77	129	697
2533	142	834	154	86	154	832
2534	132	856	–	–	–	–
2535	137	1112	–	–	–	–
2538	–	–	177	83	177	958
2543	–	–	197	78	197	1063
2548	–	–	210	81	210	1137



ภาพที่ 4.14 การประมาณปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยที่ใช้ในการวิจัย

6. พื้นที่บริการ

ในความเป็นจริงแล้ว การประปาไม่สามารถแจกจ่ายน้ำบริการประชากรในชุมชนได้เต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากติดขัดเรื่องงบประมาณดำเนินการ หรือไม่มีความจำเป็นหรือบางพื้นที่มีระบบผลิตและแจกจ่ายน้ำใช้เอง เช่นในกรณีของพื้นที่ศึกษานี้ ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นมีระบบประปาเป็นของตนเอง หรือบางพื้นที่อยู่ไกลเกินไปไม่คุ้มค่าการลงทุนในการก่อสร้างระบบท่อเพื่อดำเนินการแจกจ่ายและจำหน่ายน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีนโยบายกำหนดเขตพื้นที่บริการรับผิดชอบ

โดยในการใช้แบบจำลองจะกำหนดค่าเป็นแฟคเตอร์ หรือเปอร์เซ็นต์แสดงพื้นที่บริการในแต่ละกริดเพื่อวิเคราะห์ร่วมกับปริมาณความต้องการน้ำทั้งพื้นที่ เพื่อหาเป็นปริมาณความต้องการน้ำสุทธิอีกครั้งหนึ่ง

4.2 ตัวแปรในแบบจำลอง

1. จูนนิ่ง พารามิเตอร์ อัลฟา และจูนนิ่ง พารามิเตอร์ เบตา

ก.) พารามิเตอร์ อัลฟา (α) ได้จากการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การพัฒนาที่ดินมาใช้ประโยชน์ (C) 2 ช่วงเวลาคือ ปีพ.ศ.2526 และปีพ.ศ.2535 ในรูปของสมการจีโอเมตริก

$$C^{2535}_{ij} = C^{2526}_{ij} (1+r_{\alpha})^{(2535-2526)}$$

ซึ่งเทอม $(1+r_{\alpha})^{(2535-2526)}$ ก็คือค่า $f(\alpha)_{ij}$ ตามสมการที่ (12) นั่นเอง จาก $f(\alpha)_{ij}$ ที่ได้ นำไปเป็นค่าตัวแปรการเปลี่ยนแปลงสำหรับการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ที่ดินตามสมการที่ (12)

ข.) พารามิเตอร์ เบตา (β) ได้จากการปรับเทียบเปอร์เซ็นต์การพัฒนาที่ดิน (C) 2 ช่วงเวลา เช่นเดียวกับพารามิเตอร์ อัลฟา โดยสมการในการปรับเทียบพารามิเตอร์ เบตา จะเป็น

$$C^{2535}_{ij} = \frac{(1+\beta_{ij})}{8} \sum_{\substack{i=i-1,i+1 \\ j=j-1,j+1}} C^{2526}_{ij} \quad \text{หรือสมการที่ (13)}$$

โดยกริดที่จะใช้พาราเตอร์เบตาได้นั้น ค่า C^{n} (ฐานการคำนวณ) ต้องมีค่าเป็น 0 คือเป็นกริดที่ยังไม่มีการพัฒนาที่ดินมาใช้ประโยชน์ แต่ค่า β ที่หาได้นี้นำไปเป็นตัวแปรในการคำนวณตามสมการที่ (13) นั้น ใช้ค่าเฉลี่ยทั้งพื้นที่คือ

$$\beta = \frac{1}{384} \sum_{ij} \beta_{ij}$$

2. เปอร์เซ็นต์การพัฒนาที่ดิน

พารามิเตอร์ C^{n}_{ij} จะเป็นไปตามสมการที่ (12) และสมการที่ (13) โดยแบ่งเป็น 3 กรณีดังนี้

ก.) ถ้า $C^{n0}_{ij} = 0$ แล้ว ใช้สมการที่ (13) ในการคำนวน

ข.) ถ้า $0 < C^{n0}_{ij} < 100$ แล้ว ใช้สมการที่ (12) ในการคำนวน

ค.) ถ้า $C^{n0}_{ij} = 100$ แล้ว $C^{n1}_{ij} = 100$

ตัวอย่างการคำนวณ การหาค่าเปอร์เซ็นต์การพัฒนาที่ดินมาใช้ประโยชน์ในอนาคต สำหรับ กรณี ก.) และ กรณี ข.) เป็นดังนี้

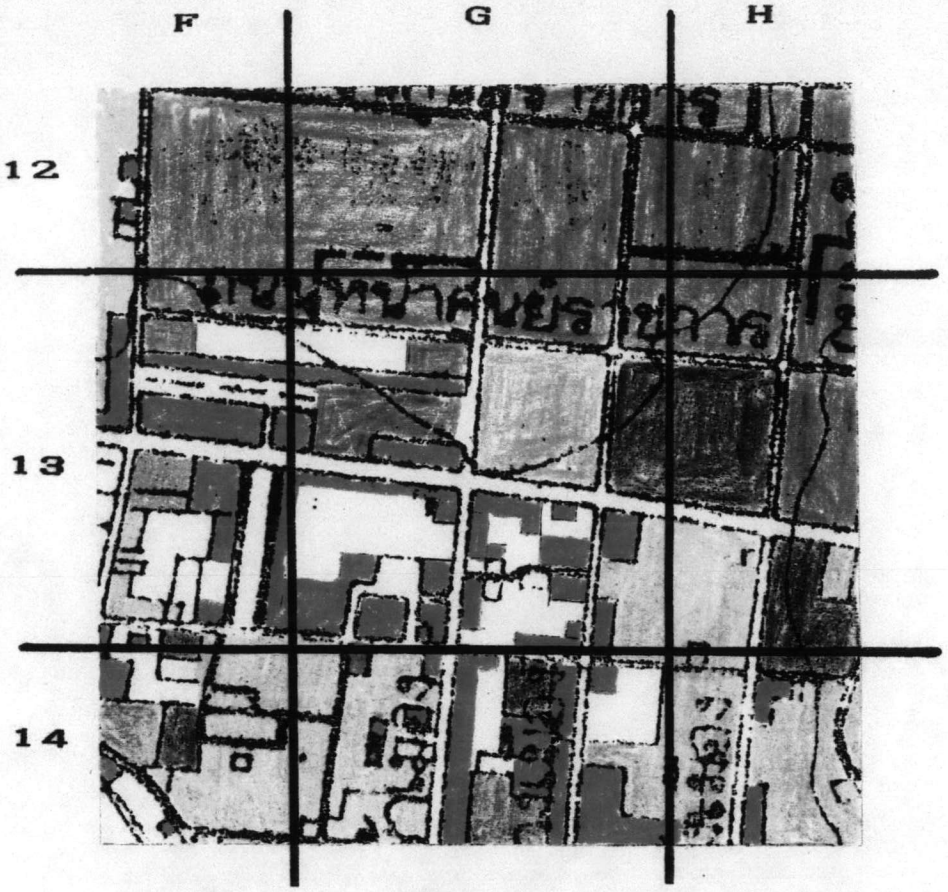
กริด G13

ขนาดการใช้ที่ดิน ปีพ.ศ.2526

- พื้นที่ทั้งกริด	0.25 ตร.กม.
- พื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย	0.0761 ตร.กม.
- ที่ตั้งหน่วยราชการ	0.0875 ตร.กม.
- ที่ตั้งสถานศึกษา	0.0464 ตร.กม.
- พื้นที่ยังไม่ได้พัฒนา	0.0400 ตร.กม.

ขนาดการใช้ที่ดิน ปีพ.ศ.2535

- พื้นที่ทั้งกริด	0.25 ตร.กม.
- พื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย	0.1161 ตร.กม.
- ที่ตั้งหน่วยราชการ	0.0875 ตร.กม.
- ที่ตั้งสถานศึกษา	0.0464 ตร.กม.
- พื้นที่ยังไม่ได้พัฒนา	0.0000 ตร.กม.



ภาพที่ 4.15 การใช้ที่ดินในกริด G13 ในปีพ.ศ.2526

ภาพที่ 4.16 การใช้ที่ดินในกริด G13 ในปีพ.ศ.2535

C_{2526} = (0.0761+0.0875+0.0464)/(0.25) = 84 %

C_{2535} = 100 %

เนื่องจาก $0 < C_{2526} < 100$ ดังนั้นเป็นการคำนวณตามกรณี ข.)

สมการจีโอเมตริก โดยที่ n0=2526 และ n1=2535

$$C_{n1} = C_{n0}*(1+r_{\alpha})^{(n1)-(n0)}$$

และ
$$r_{\alpha} = (10^{\left(\frac{\log(C_{n1}/C_{n0})}{(n1-n0)}\right)})-1$$

ดังนั้น
$$r_{\alpha} = (10^{\left(\frac{\log(100/84)}{(2535-2536)}\right)})-1$$

$$= 0.0196$$

แต่ค่า r_{α} เฉลี่ยทั้งพื้นที่เท่ากับ 0.022 ต่อปี

จึงได้ $C_{2528} = 84*(1+0.022)^{(2528-2526)}$

$= 88$

และ $C_{2533} = 98$

$C_{2538} = 100$

$C_{2543} = 100$

$C_{2548} = 100$

กริด N9

C_{2526} = 0 %

C_{2535} = 6 %

เนื่องจาก C_{2526} = 0 ดังนั้นเป็นการคำนวณตามกรณี ก.)

ค่า C_{2526} ในกริดใกล้เคียงกับกริด N9 เป็นดังนี้

		i		
		M	N	O
	8	0	26	32
j	9	0	0	40
	10	0	0	0

ตามสมการที่ (13)

$$C^{2535}{}_{ij} = \frac{(1+\beta_{ij})}{8} \sum_{\substack{i=i-1,i+1 \\ j=j-1,j+1}} C^{2526}{}_{ij}$$

จะได้ $$\beta = \left(C^{2535} * 8 \Big/ \left(\sum_{\substack{i=i-1,i+1 \\ j=j-1,j+1}} C^{2526}{}_{ij} \right) \right) - 1$$

$$= 6\ \% * 8 / (0+26+32+0+40+0+0+0) - 1$$

$$= -0.511$$

แต่ค่า β เฉลี่ยทั้งพื้นที่เท่ากับ -0.018 ต่อปี

จึงได้ C_{2528} = (1+(2528-2526)(-0.018))*(26+32+40)/8

= 12

และช่วงเวลาหลังจากนั้นใช้สมการที่ (12) ในการคำนวณ

ได้ C_{2533} = 13

C_{2538} = 15

C_{2543} = 17

C_{2548} = 19

3. พื้นที่เพื่อการอยู่อาศัยและพื้นที่ที่ไม่ใช้เพื่อการอยู่อาศัย

พารามิเตอร์ R_{ij} และพารามิเตอร์ NR_{ij} ถือว่ามีค่าคงที่ตั้งแต่ปีพ.ศ.2535เป็นต้นไป และเป็นไปตามสมการที่ (4) คือ

$$R_{ij} + NR_{ij} = 100\%$$

ตัวอย่างการคำนวณ การหาค่าเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัยต่อขนาดพื้นที่ที่พัฒนาที่ดินมาใช้ประโยชน์แล้วเป็นดังนี้

กริด G13

ขนาดการใช้ที่ดิน ปีพ.ศ.2526

- พื้นที่ทั้งกริด	0.25 ตร.กม.
- พื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย	0.0761 ตร.กม.
- ที่ตั้งหน่วยราชการ	0.0875 ตร.กม.
- ที่ตั้งสถานศึกษา	0.0464 ตร.กม.
- พื้นที่ยังไม่ได้พัฒนา	0.0400 ตร.กม.

ขนาดการใช้ที่ดิน ปีพ.ศ.2535

- พื้นที่ทั้งกริด 0.25 ตร.กม.
- พื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย 0.1161 ตร.กม.
- ที่ตั้งหน่วยราชการ 0.0875 ตร.กม.
- ที่ตั้งสถานศึกษา 0.0464 ตร.กม.
- พื้นที่ยังไม่ได้พัฒนา 0.0000 ตร.กม.

$$R_{2526} = (0.0761)/(0.25-0.04) = 36\ \%$$

$$R_{2535} = (0.1161)/(0.25) = 46\ \%$$

สมการจีโอเมตริก โดยที่ n0=2526 และ n1=2528

$$R_{n1} = R_{n0}*(1+r)^{(n1)-(n0)}$$

และ

$$r = (10^{(\frac{\log(R_{n1}/R_{n0})}{(n1-n0)})})-1$$

ดังนั้น

$$r = (10^{(\frac{\log(46/36)}{(2535-2536)})})-1$$

$$= 0.0276$$

จึงได้

$$R_{2528} = 36 * (1+0.0276)^{(2528-2526)}$$

$$= 39$$

และ $R_{2533} = 44$

แต่หลังจากปี พ.ศ.2535 แล้ว ค่าเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัยต่อขนาดพื้นที่ที่พัฒนาที่ดินมาใช้ประโยชน์แล้วจะคงที่ ดังนั้นจะได้

R_{2538} = 46

R_{2543} = 46

R_{2548} = 46

และจากสมการที่ (4) จะได้

NR_{2528} = 61

NR_{2533} = 56

NR_{2538} = 54

NR_{2543} = 54

NR_{2548} = 54

4. ขนาดพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย

พารามิเตอร์ T^{n}_{ij} จะเป็นไปตามสมการที่ (5) คือ

$$T^{n}_{ij} = 0.25 * C^{n}_{ij} * R_{ij} \text{ ตร.กม.}$$

โดยที่ค่า 0.25 ตารางกิโลเมตร คือขนาดพื้นที่กริดขนาดกว้างและยาวด้านละ 0.5 กิโลเมตร

ตัวอย่างการคำนวณการหาขนาดพื้นที่ที่ใช้เพื่อการอยู่อาศัยเป็นดังนี้

กริด G13

T_{2528} = 0.25*(88/100) * (39/100) = 0.0856 ตร.กม.

และ T_{2533} = 0.1078 ตร.กม.

T_{2538} = 0.1150 ตร.กม.

T_{2543} = 0.1150 ตร.กม.

T_{2548} = 0.1150 ตร.กม.

5. ความหนาแน่นของประชากร และการกระจายตัวของประชากร

พารามิเตอร์ D^n_{ij} เป็นตัวแปรที่ต้องปรับตาม พารามิเตอร์ 2 ชุดคือ จำนวนประชากรรวมของทั้งพื้นที่ (P_n) ซึ่งทำการพยากรณ์แยกต่างหากจากการวิเคราะห์การใช้ที่ดิน (ตามหัวข้อที่ 4.1.) และขนาดพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย (T^n_{ij}) ซึ่งจะไปตามสมการ

$$D^{n+1}_{ij} = D^n_{ij} * f(p) \quad \text{คน/ตร.กม.}$$

โดยที่ค่า f(p) เป็นตัวแปรการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของประชากรในเขตเพื่อการอยู่อาศัย ซึ่งต้องใช้ปรับแก้ค่าและวิเคราะห์ค่าออกมา โดยมีสมการเกี่ยวกับขนาดพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย และจำนวนประชากรรวมเป็นตัวกำหนด ดังนี้คือ

$$p^n_{ij} = D^n_{ij} * T^n_{ij} \quad \text{ตามสมการที่ (6) และ}$$

$$P_n = \Sigma_{ij} p^n_{ij} \quad \text{ตามสมการที่ (7)}$$

ซึ่งเมื่อปรับค่า f(p) จนจำนวนประชากรรวมทั้งพื้นที่ (Pn) ในการคำนวณ เท่ากับจำนวนประชากรรวมจากการพยากรณ์แล้ว ก็จะได้การกระจายตัวของประชากร p^n_{ij} ซึ่งเป็นเป้าหมายที่สำคัญมากสำหรับวิธีการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองนี้

ตัวอย่างการคำนวน การหาค่าการกระจายตัวของประชากรและการปรับค่าความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย เป็นดังนี้

กริด G13

ปี พ.ศ.	f(p)	D_{G13} คน/ตร.กม.	Dเฉลี่ยทั้งพื้นที่ คน/ตร.กม.
2526	-	9369	3982

2535	-	9182	4474
2528	(0.998)*((2/9)(9182-9369)+9369) =	9309	4083
2533	1.0576 * 9309 =	9845	4319
2538	1.1052 * 9845 =	10880	4773
2443	1.1178 * 10880 =	12162	5335
2548	1.1182 * 12162 =	13599	5965

โดยที่ D เป็นความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่เพื่อการอยู่อาศัย

ปี พ.ศ.	D_{G13} (คน/ตร.กม.)		T_{G13} (ตร.กม.)		P_{G13} คน	P_n คน
2528	9309	*	0.0856	=	797	137913
2533	9845	*	0.1078	=	1061	162709
2538	10880	*	0.1150	=	1251	195015
2443	12162	*	0.1150	=	1399	231614
2548	13599	*	0.1150	=	1564	272438

4.3 <u>ปริมาณความต้องการน้ำ</u>

1. ปริมาณความต้องการน้ำทั้งพื้นที่

ค่าปริมาณความต้องการน้ำทั้งพื้นที่ศึกษา หรือพื้นที่โครงการเป็นไปตามสมการ

$$WD_n = \Sigma_{ij} WD^n_{ij} \quad \text{ลูกบาศก์เมตร/วัน}$$

โดยที่ $WD^n_{ij} = QR^n_{ij} + QNR^n_{ij}$ ลูกบาศก์เมตร/วัน

และ $QR^n_{ij} = Q^n_{ij} * P^n_{ij}$ ลูกบาศก์เมตร/วัน

และ $QNR^{n}_{ij} = 0.25 * C^{n}_{ij}*(H^{n}_{ij}*NR^{n}_{ij})$ ลบ.ม./วัน

โดยที่ Q^{n}_{ij} และ H^{n}_{ij} เป็นค่าปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 4.1. โดยที่ค่า Q^{n}_{ij} เป็นปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยในส่วนเพื่อการอยู่อาศัย มีหน่วยเป็น ลิตรต่อคนต่อวัน และค่า H^{n}_{ij} เป็นปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอื่น มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตรต่อวัน

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำในแต่ละกริดเป็นดังนี้

กริด G13

ปี พ.ศ.	P_{G13} คน		ความต้องการน้ำต่อหน่วย ลิตร/คน/วัน		ความต้องการน้ำส่วนที่อยู่อาศัย ลบ.ม./วัน
2528	797	*	129	=	103
2533	1061	*	153	=	162
2538	1251	*	177	=	221
2443	1399	*	197	=	276
2548	1564	*	210	=	328

ปี พ.ศ.	ขนาดพื้นที่ที่พัฒนามาใช้ประโยชน์ ตร.กม.		ความต้องการน้ำต่อหน่วย ลบ.ม./ตร.กม./วัน		NR (%)		ความต้องการน้ำส่วนที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย ลบ.ม./วัน
2528	0.25*0.88	*	697	*	0.61	=	94
2533	0.25*0.98	*	832	*	0.56	=	114
2538	0.25*1.00	*	958	*	0.54	=	129

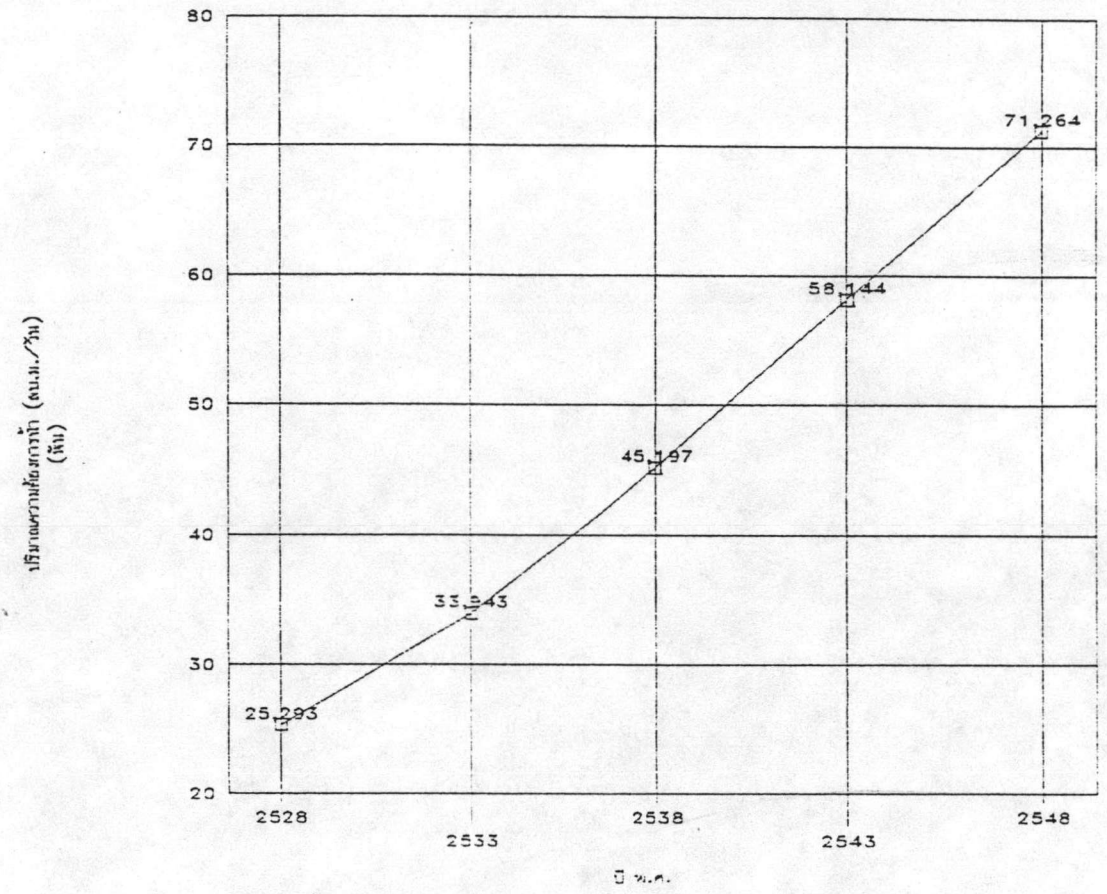
2443	0.25*1.00	*	1063	*	0.54	=	144
2548	0.25*1.00	*	1137	*	0.54	=	153

ปี พ.ศ.	ความต้องการน้ำส่วนที่อยู่อาศัย ลบ.ม./วัน		ความต้องการน้ำส่วนที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย ลบ.ม./วัน		ความต้องการน้ำรวมในกริด ลบ.ม./วัน
2528	103	+	94	=	197
2533	162	+	114	=	276
2538	221	+	129	=	350
2443	276	+	144	=	420
2548	328	+	153	=	481

ดังนั้นค่าปริมาณความต้องการน้ำรวมทั้งพื้นที่ศึกษาที่ปีเป้าหมายต่างๆ ก็เป็นอันเสร็จกระบวนการ และแสดงผลตามตารางที่ 4.21 และภาพที่ 4.17

ตารางที่ 4.21 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการน้ำทั้งพื้นที่ศึกษา

	หน่วย	ปี พ.ศ.				
		2528	2533	2538	2543	2548
– ขนาดพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น	ตร.กม.	96	96	96	96	96
– จำนวนประชากร	คน	137,913	162,709	195,015	231,614	272,438
– ปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยประชากร	ลิตร/คน/วัน	129	153	177	197	210
– ปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยพื้นที่ในส่วนของพื้นที่พัฒนาแล้วแต่ไม่ใช้เพื่อการอยู่อาศัย	ลบ.ม./ตร.กม./วัน	697	832	958	1,063	1,137
– ปริมาณความต้องการน้ำรวมทั้งพื้นที่	ลบ.ม./วัน	25,293	33,943	45,197	58,144	71,264

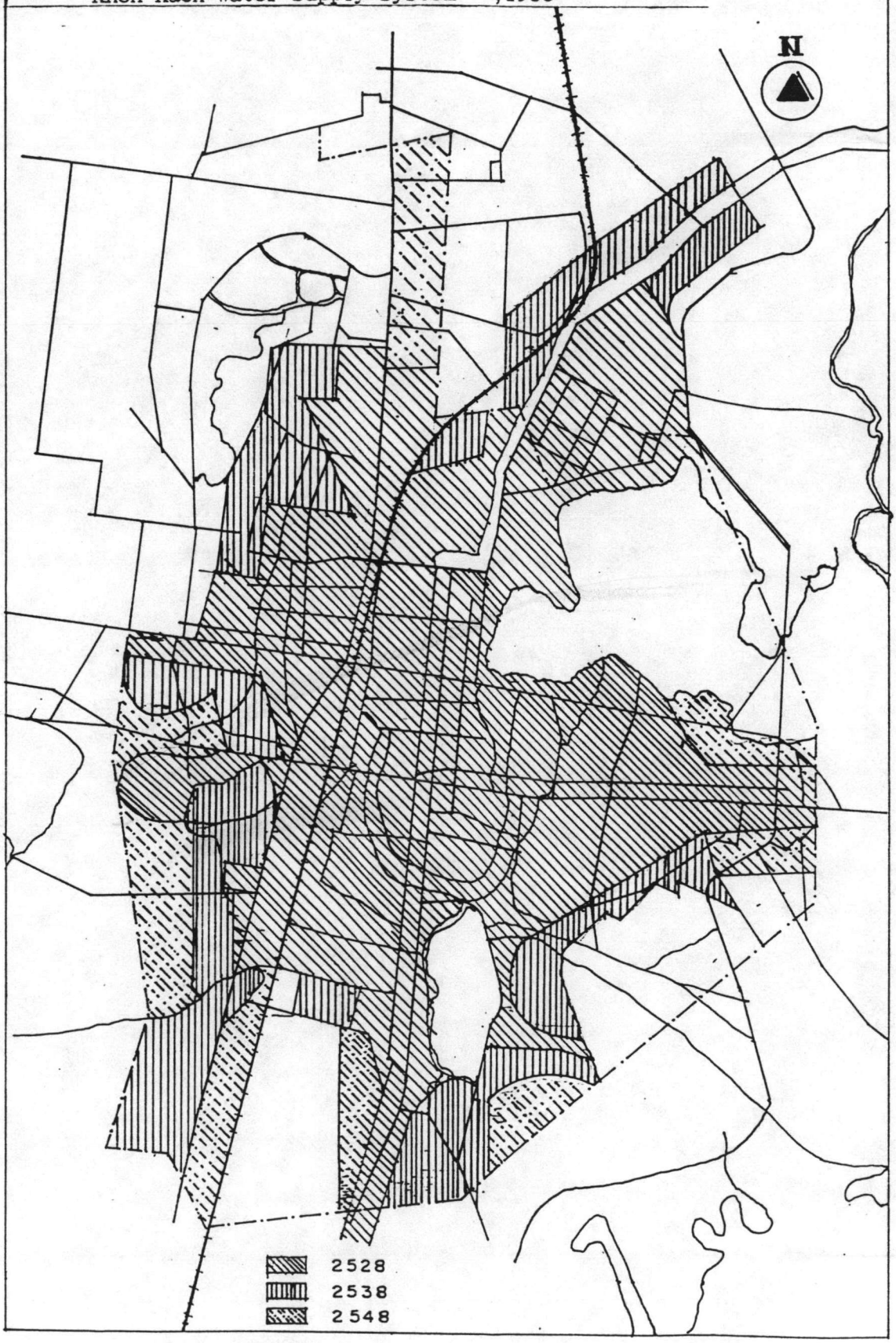


ภาพที่ 4.17 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการน้ำทั้งพื้นที่ศึกษา

2. เปอร์เซ็นต์การให้บริการ

การพิจารณาถึงพื้นที่บริการของการประปาขอนแก่นนี้ จัดทำขึ้นเพื่อหาปริมาณกำลังการผลิตของระบบประปาโดยแท้จริง การวิเคราะห์กระทำโดยการลงตำแหน่งค่าเปอร์เซ็นต์ในการให้บริการในแต่ละกริดจากการศึกษาของกปภ. ในแผนการที่จะเดินและขยายแนวท่อส่งและท่อแจกจ่ายน้ำในเขตพื้นที่บริการ แสดงตามภาพที่ 4.18 ค่าเปอร์เซ็นต์การให้บริการที่วิเคราะห์เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ แสดงที่ภาคผนวก

ที่มา : PWA " Revised Master Plan and Feasibility Study ,
Khon Kaen Water Supply System " ,1986



ภาพที่ 4.18 แผนที่แสดงการวางแผนขยายเขตบริการจำหน่ายน้ำประปา

3. ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิ

เมื่อพิจารณาถึงการแจกจ่ายน้ำ โดยคำนึงถึงความสามารถในการให้บริการแล้ว ค่าปริมาณความต้องการน้ำสุทธิจะเป็นดังนี้

$$NET\ WD_n = \Sigma_{ij} (WD^n_{ij} * S^n_{ij})$$

โดยที่ S = เปอร์เซ็นต์ที่ให้บริการในแต่ละกริดในแต่ละปีเป้าหมาย

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำสุทธิเป็นดังนี้

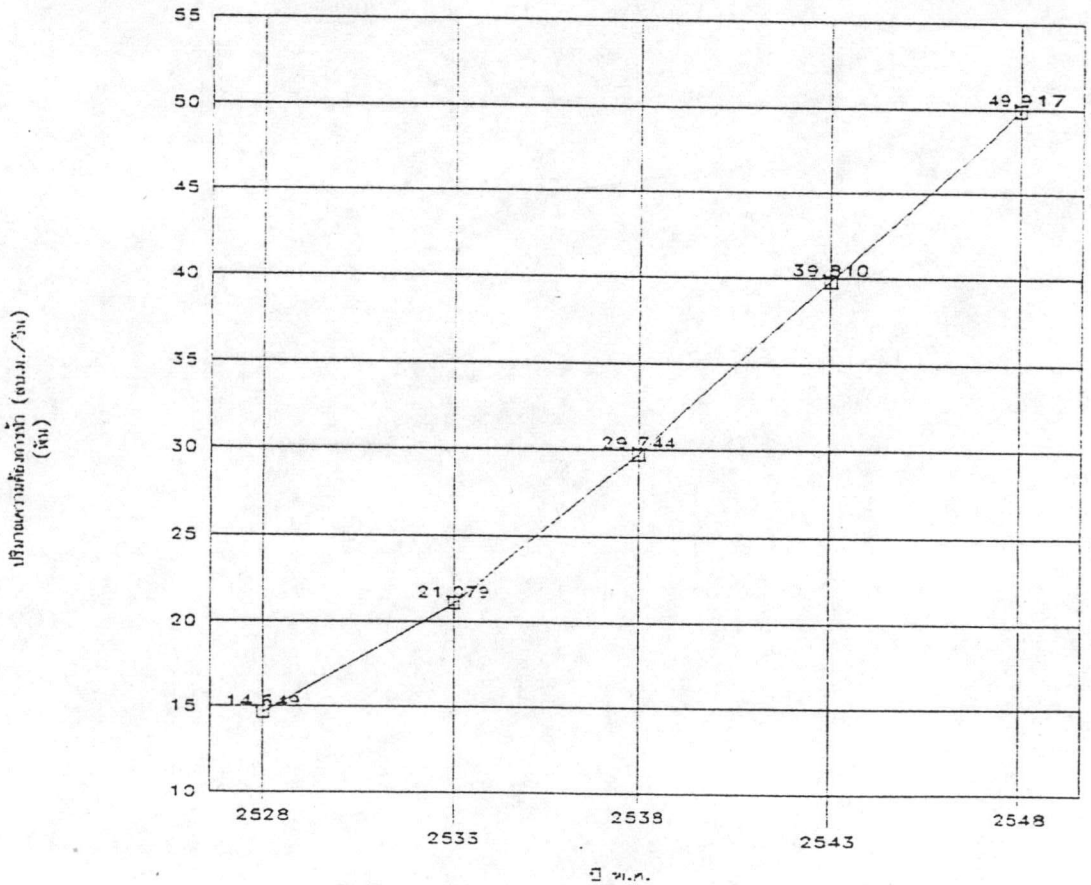
กริด G13

ปี พ.ศ.	ความต้องการน้ำในกริด ลบ.ม./วัน		เปอร์เซ็นต์การให้บริการ		ความต้องการน้ำในกริดสุทธิ ลบ.ม./วัน
2528	197	*	100	=	197
2533	276	*	100	=	276
2538	350	*	100	=	350
2443	420	*	100	=	420
2548	481	*	100	=	481

โดยวิธีการข้างต้น จะสามารถหาปริมาณความต้องการน้ำสุทธิในเขตพื้นที่บริการ แสดงตามตารางที่ 4.22 และภาพที่ 4.19

ตารางที่ 4.22 สรุปผลการพยากรณ์ความต้องการน้ำในเขตพื้นที่บริการ

	หน่วย	ปี พ.ศ.				
		2528	2533	2538	2543	2548
-ขนาดพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น	ตร.กม.	96	96	96	96	96
-จำนวนประชากรทั้งพื้นที่ศึกษา	คน	137,913	162,709	195,015	231,614	272,438
-ปริมาณความต้องการน้ำรวมทั้งพื้นที่	ลบ.ม./วัน	25,293	33,943	45,197	58,144	71,264
-เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บริการ	%	22.83	26.58	29.86	32.48	34.21
-ขนาดพื้นที่บริการ	ตร.กม.	21.9	25.5	28.7	31.2	32.8
-จำนวนประชากรในเขตพื้นที่บริการ	คน	92,783	115,327	144,067	175,100	208,352
-เปอร์เซ็นต์ของจำนวนประชากรในเขตพื้นที่บริการต่อจำนวนประชากรทั้งพื้นที่ศึกษา	%	67.3	70.9	73.9	75.6	76.5
-ปริมาณความต้องการน้ำในเขตพื้นที่บริการ	ลบ.ม./วัน	14,649	21,079	29,744	39,810	49,917
-เปอร์เซ็นต์ของความต้องการน้ำในเขตพื้นที่บริการต่อความต้องการน้ำทั้งพื้นที่ศึกษา	%	57.9	62.1	65.8	68.5	70.0



ภาพที่ 4.19 สรุปผลการพยากรณ์ความต้องการน้ำในเขตพื้นที่บริการ

4.4 เปรียบเทียบผลการวิจัยกับการศึกษาเดิม

การเปรียบเทียบผลการวิจัยกับการศึกษาของ กปภ. แสดงในตารางที่ 4.23 และภาพที่ 4.20 มีประเด็นสำคัญดังนี้

- ผลการวิจัย ให้ค่าปริมาณความต้องการน้ำที่ปีต่างๆน้อยกว่าค่าปริมาณความต้องการน้ำจากการศึกษาเดิม ทั้งนี้เป็นเพราะ

1.) จำนวนประชากรที่พยากรณ์ใช้ในงานวิจัย มีจำนวนน้อยกว่าจำนวนประชากรที่พยากรณ์โดย กปภ. จากการศึกษาเดิม โดยเฉพาะเปรียบเทียบในจำนวนของประชากรผู้ได้รับบริการแจกจ่ายน้ำ หรือประชากรผู้มีน้ำใช้

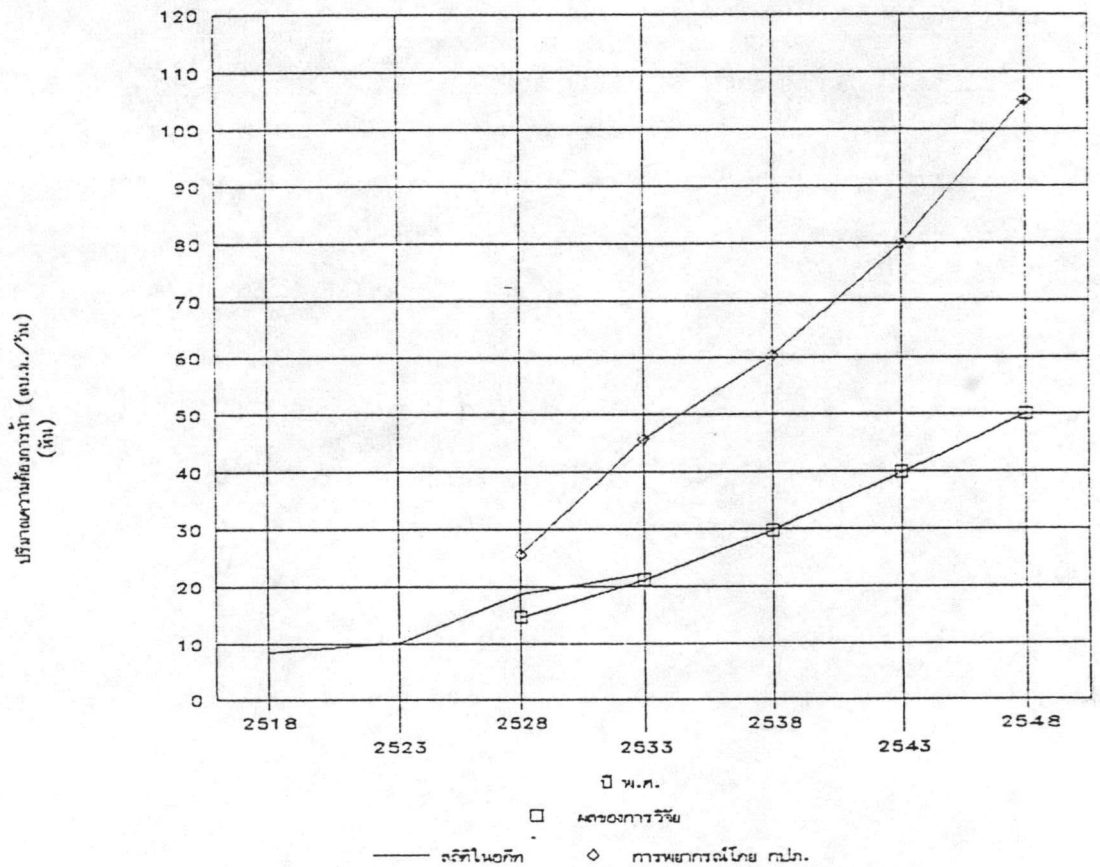
2.) ค่าปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยในส่วนที่ไม่ใช่เพื่อการอยู่อาศัย ที่ปรับแก้จากการประเมินโดย กปภ. ในการศึกษาเดิม และสถิติการใช้น้ำในอดีต มีค่าน้อยลงกว่าค่าปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วย เมื่อเทียบเป็นปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วยรวมกันทั้งส่วนเพื่อการอยู่พักอาศัยกับการใช้น้ำเพื่อการอื่นที่ใช้ในการศึกษาเดิม

- ขั้นตอนวิธีการทำงานโดยใช้แบบจำลอง มีความยุ่งยากสลับซับซ้อนมากกว่า เนื่องจากต้องนำเอาข้อมูลการวิเคราะห์การใช้ที่ดินมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นการใช้ข้อมูลลักษณะการใช้ที่ดินในอดีต เป็นตัวทำนาย หรือพยากรณ์การขยายตัวของการใช้ที่ดินในอนาคต ซึ่งต่อเนื่องไปถึงการทำนายการกระจายของประชากร อันเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดในแบบจำลอง

- จากการเปรียบเทียบกับสถิติการใช้น้ำในอดีต กับปริมาณความต้องการน้ำที่พยากรณ์โดยแบบจำลอง พบว่า ค่าที่พยากรณ์โดยแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณการใช้น้ำจริงในอดีตในช่วงปี พ.ศ.2528-ปีพ.ศ.2533 และมีแนวโน้มที่จะถูกต้องและใกล้เคียงกับปริมาณการใช้น้ำในอนาคต มากกว่าค่าปริมาณ ความต้องการน้ำที่พยากรณ์โดย กปภ. ในการศึกษาเดิม

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการน้ำที่ได้จากการวิจัย กับผลการศึกษาโดย กปภ.

	หน่วย	ปี พ.ศ.				
		2528	2533	2538	2543	2548
1. ผลจากการวิจัย						
–จำนวนประชากรในเขตพื้นที่บริการ	คน	92,783	115,327	144,067	175,100	208,352
–ปริมาณความต้องการน้ำในเขตพื้นที่บริการ	ลบ.ม./วัน	14,649	21,079	29,744	39,810	49,917
2.ผลจากการศึกษาโดย กปภ.(2528)						
–จำนวนประชากรในเขตพื้นที่บริการ	คน	92,384	131,721	173,667	226,811	287,350
–ปริมาณความต้องการน้ำในเขตพื้นที่บริการ	ลบ.ม./วัน	25,493	45,577	60,255	79,874	105,134
3.สถิติในอดีต						
–จำนวนประชากรในเขตพื้นที่บริการ	คน	65,579	91,275	–	–	–
–ปริมาณความต้องการน้ำในเขตพื้นที่บริการ	ลบ.ม./วัน	18,627	22,142	–	–	–



ภาพที่ 4.20 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการน้ำที่ได้จากการวิจัย กับผลการศึกษาโดย กปภ.