Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова.
Факультет Вычислительной Математики и Кибернетики.
Кафедра Вычислительных Методов.

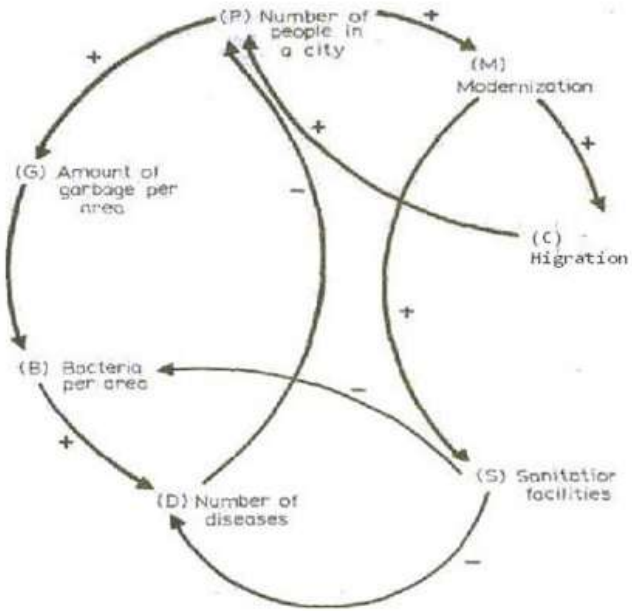
Дипломная работа

Экологический индекс удовлетворенности качеством жизни в больших городах (на примере г.Алматы)

Выполнил:
Студент 505 группы
Абдраимов Азиз Адилжанулы.
Научный руководитель:
Кандидат физико-математических наук,
Доктор социологических наук
Шведовский Вячеслав Анатольевич.

Москва
2013

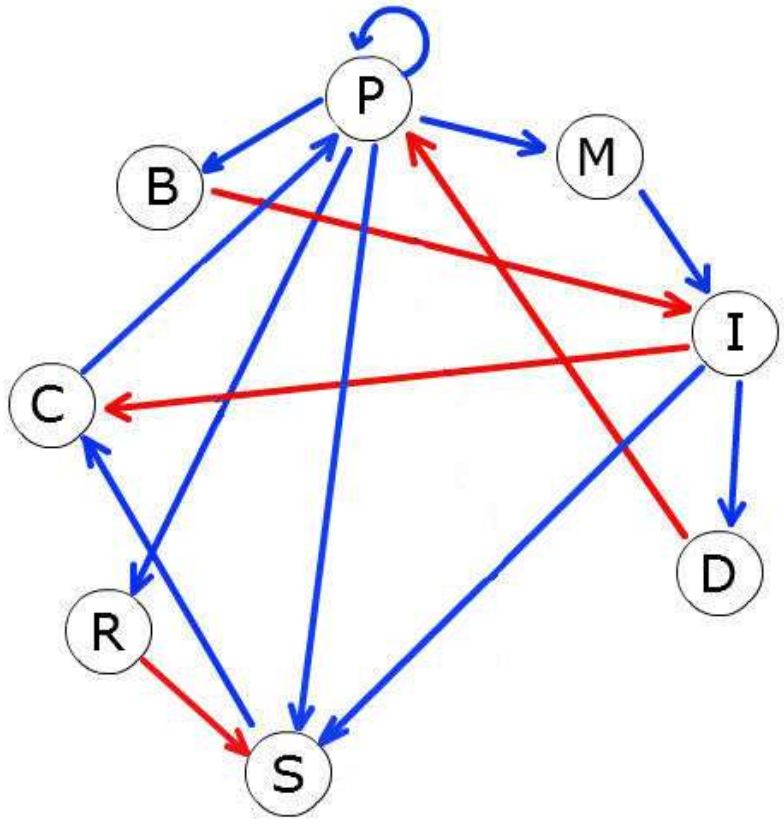
Модель Маруямы :



Постулаты ядра модели :

- Прирост численности населения увеличивает как количество машин, так и радиус городского расселения.
- Ухудшения качества жизни в городе ведет к снижению численности городского населения за счет уменьшения рождаемости и уменьшения миграции.
- Увеличение экологического бюджета ведет к уменьшению индекса загрязненности воздуха и увеличению площади зон отдыха
- Увеличение количества машин ведет к увеличению индекса загрязненности воздуха.
- Увеличение числа больных дыхательными путями влечет за собой уменьшение численности населения.

Орграф и система модели



$$
\begin{cases}
\frac{dv_1}{dt} = k_{1,1} * v_1 - k_{4,1} * v_4 + k_{7,1} * v_7 \\
\frac{dv_2}{dt} = k_{1,2} * v_1 \\
\frac{dv_3}{dt} = k_{2,3} * v_2 - k_{8,3} * v_8 \\
\frac{dv_4}{dt} = k_{3,4} * v_3 \\
\frac{dv_5}{dt} = -\pi * k_{6,5} * ((S_0)^2 - (v_6)^2) + k_{3,5} * v_3 + k_{1,5} * v_1 \\
\frac{dv_6}{dt} = k_{1,6} * v_1 \\
\frac{dv_7}{dt} = k_{5,7} * v_5 - k_{3,7} * v_3 \\
\frac{dv_8}{dt} = k_{1,8} * v_1
\end{cases}
$$

M – количество машин
I – индекс загрязненности атмосферы
D – болезни дыхательных путей
S – площадь зон отдыха
R – радиус города
C – индекс удовлетворенности
B – экологический бюджет

Где v_1 - численность населения, v_2 - количество машин, v_3 - ИЗА (индекс загрязненности атмосферы), v_4 - болезни дыхательных путей, v_5 - площадь зон отдыха, v_6 - площадь города, v_7 - индекс удовлетворенности, v_8 - экологический бюджет. $S_0 = 4000$.

Устойчивость по Лагранжу

Матрица смежности орграфа и её собственные значения:

$$\text{Matrix} := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{eigenvals}(\text{Matrix}) = \begin{pmatrix} -0.5 + 0.866i \\ -0.5 - 0.866i \\ 1 \\ 1 \\ 2.075 \times 10^{-6} + 3.593i \times 10^{-6} \\ 2.075 \times 10^{-6} - 3.593i \times 10^{-6} \\ -4.149 \times 10^{-6} \\ 0 \end{pmatrix}$$

Устойчивость по Ляпунову

Характеристический многочлен системы:

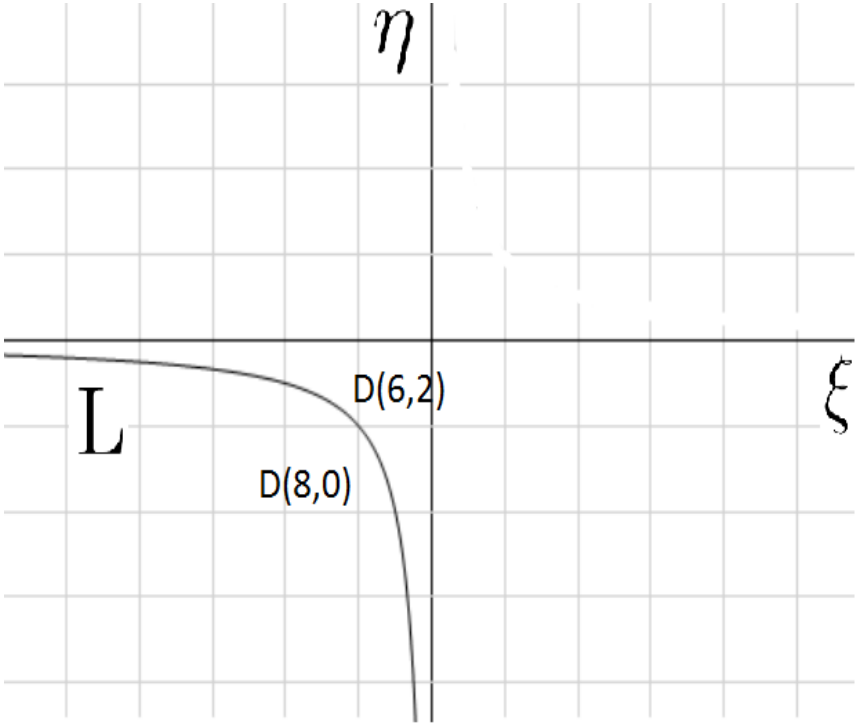
$$U(z) = z^8 - 0,0262 * z^7 + 8,14 * 10^{-9} * z^5 + 1,120233 * 10^{-12} * z^4$$

Импульсная устойчивость

$$\text{eigenvals}(\text{Matrix2}) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.026 \\ 6.233 \times 10^{-4} \\ -4.632 \times 10^{-4} \\ -1.481 \times 10^{-4} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

D - разбиения

$$U(z) = z^8 - 0,0262 * z^7 + 8,14 * 10^{-9} * z^5 + 1,120233 * 10^{-12} * z^4$$



L : y = a2/x

Калибровка модели. Контрольный прогноз (2012 г.)

$$\begin{pmatrix} V1_{n+1} \\ V2_{n+1} \\ V3_{n+1} \\ V4_{n+1} \\ V5_{n+1} \\ V6_{n+1} \\ V7_{n+1} \\ V8_{n+1} \end{pmatrix} := \begin{bmatrix} V1_n + k11 \cdot V1_n - k41 \cdot V4_n + k71 \cdot V7_n \\ V2_n + k12 \cdot V1_n \\ V3_n + k23 \cdot V2_n - k83 \cdot V8_n \\ V4_n + k34 \cdot V3_n \\ V5_n - \pi \cdot k65 \cdot \left[S^2 - \left(V6_n\right) \cdot \left(V6_n\right) \right] + k35 \cdot V3_n + k15 \cdot V1_n \\ V6_n + k16 \cdot V1_n \\ V7_n + k57 \cdot V5_n - k37 \cdot V3_n \\ V8_n + k18 \cdot V1_n \end{bmatrix}$$

$k11 := 0.0262072068881519$ $\quad k41 := -2.00539835644947 \cdot 10^{-5}$ $\quad k71 := 0.00366408599361837$

$k12 := 0.0331305646438506$ $\quad k23 := -7.85683721335973 \cdot 10^{-25}$ $\quad k83 := 1.55096364853693 \cdot 10^{-25}$

$k34 := -0.00561392233021480$ $\quad k65 := 0.00195943116313830$ $\quad k35 := 0.00465148521679863$

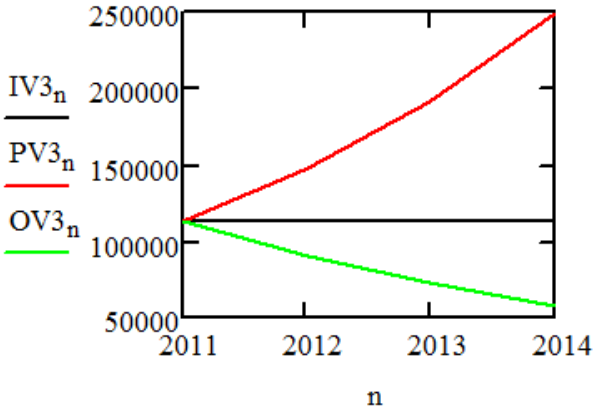
$k15 := 0.00718481707950766$ $\quad k16 := 3.82279602508216 \cdot 10^{-5}$ $\quad k57 := 0.0168876423749471$

$k37 := -0.00108271835343233$ $\quad k18 := 0.175684401819758$

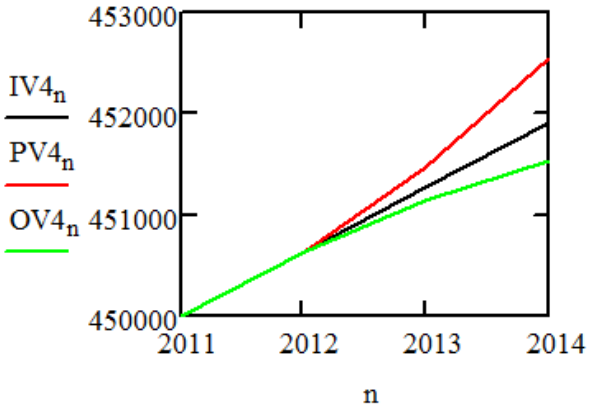
Название переменной	Разность
Численность	12909
Колич машин	1288
ИЗА	3000
Болезни д.п	11833
Площадь з.о	2082
Радиус города	67,6
Инедкс удовл	1334
Эко бюджет	49323

Вычислительные эксперименты

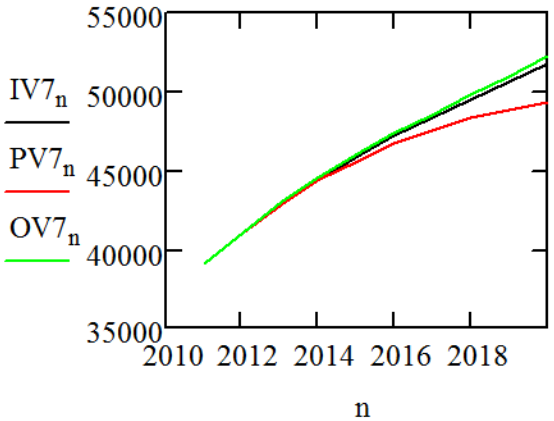
Было реализовано три прогнозных сценария : инерционный, пессимистический и оптимистический. Ниже представлен сравнительный анализ сценариев.



3) Индекс загрязненности атмосферы



2) Болезни дыхательных путей



1) Индекс удовлетворенности

Результаты

1. Аналитически исследована математическая модель развития экологической ситуации крупного города: модель обладает импульсной устойчивостью и имеет D-область устойчивости по Ляпунову.

2. Модель, в рамках принятых предположений, откалибрована и настроена по обучающей последовательности на конкретный город.

3. Построены и смоделированы различные прогнозные сценарии развития экологии в городе.

Спасибо за внимание!