

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Статья посвящена изучению особенностей пространственного развития региональной экономики. В статье представлены различные подходы для анализа данных трансформаций (фрактальный, корреляционно-регрессионный и др.), позволяющие объективно изучить процессы, происходящие в регионе.

Структура развития региональной экономики является иерархической. Социально-экономическое развитие региона в территориальном аспекте формируется по двум направлениям: города и районы (см. рис. 1). Между тем в городах и районах региона имеются предприятия и организации: промышленности, сельского хозяйства, здравоохранения, образования, культуры и т.д.

В данных предприятиях и организациях работают сотрудники. При этом организации непромышленной сферы занимаются обслуживанием всего или части населения той территориальной единицы, в которой располагаются.

Таким образом, региональная экономика обладает особым видом инвариантности или симметрии, особой связью между целыми и ее частями: целое можно разбить на меньшие части, но каждая будет своего рода его повторением. Для изучения системы, которая является самоподобной на различных уровнях иерархии, воспользуемся научным аппаратом фрактальной теории [1, 2].

Задачи фрактальной теории включают поиск повторяющихся структур, их анализ и количественную оценку, манипулирование ими. Она выступает как инструмент для анализа и синтеза. Следует отметить, что искомая структура может принимать множество форм. В частности, это может быть конкретная форма или абстрактная, статистическая структура. Структура может повторяться в сторону увеличения или уменьшения (или обе эти операции выполняются одновременно). Повторение

может следовать точному детерминистическому правилу или иметь случайный характер.

Изучим закономерности разноуровневого формирования региональной экономики на примере территориального распределения объектов экономической деятельности ($F_{\text{Гри}}$ – где i -ветвь фрактала):

- добычи полезных ископаемых, обрабатывающих производств, производства и распределения электроэнергии, газа и воды;
- сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства;
- здравоохранения;
- образования;
- культуры и отдыха;
- строительства.

Также были изучены математические фрактальные зависимости формирования региональной экономики, связанные с распределением



Рисунок 1. Иерархия формирования региональной экономики в территориальном аспекте

ем населения в области, так как основой любого процесса являются люди и их поведенческие характеристики. Как показали проведенные исследования, фрактальные зависимости изменения объектов, которые формируют особенности пространственного развития региона, будут определяться функцией:

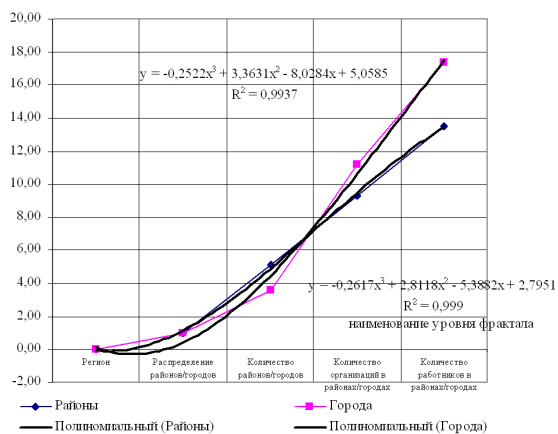
$$F_{FR} = 2^{f(x)}, x=0, n,$$

где x – степень детализации фрактала;

$f(x)$ – функция уровня детализации фрактала.

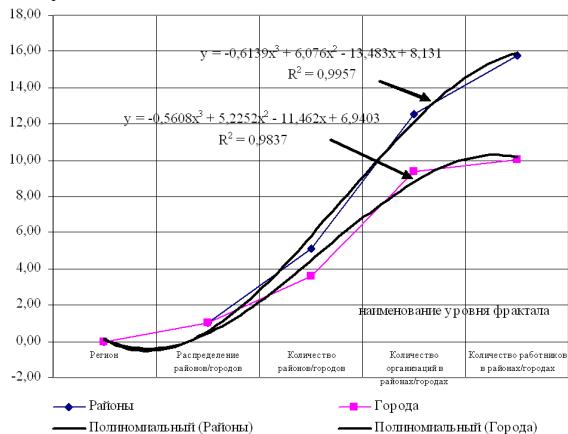
Рассмотрим данный процесс подробнее. Проведенный анализ деятельности предприятий добычи полезных ископаемых, обрабатывающих производств, производства и распре-

степень при 2



Добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производство, производство и распределение электроэнергии, газа и воды

степень при 2



Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство

Рисунок 2. Графическая интерпретация фрактальных зависимостей пространственного развития промышленности и сельского хозяйства Оренбургской области

деления электроэнергии, газа и воды позволил выявить некоторые зависимости пространственного развития.

Для анализа рассматривается одна региональная экономическая система ($1=2^0$), в которой существуют два уровня изучения: города и районы ($2=2^1$). В Оренбургской области находятся 12 городов ($12=2^{3,58}$) и 35 районов ($35=2^{5,13}$) [3]. В городах области располагаются 2312 предприятий добычи полезных ископаемых, обрабатывающих производств, производства и распределения электроэнергии, газа и воды ($2312=2^{11,17}$), в районах – 635 предприятий ($635=2^{9,31}$). На предприятиях данных видов экономической деятельности в городах трудятся 163 960 работников ($163 960=2^{17,32}$), в районах – 11 434 ($11 434=2^{13,48}$).

Соответственно степень при двух для городов будет изменяться в следующей последовательности:

$$0,00 \rightarrow 1,00 \rightarrow 3,58 \rightarrow 11,17 \rightarrow 17,32$$

для районов в следующей:

$$0,00 \rightarrow 1,00 \rightarrow 5,13 \rightarrow 9,31 \rightarrow 13,48$$

На рисунке 2 представлены данные закономерности в виде графика. Построенный тренд позволил выявить функцию изменения степени при два.

Таким образом, закономерности изменения степени при два для объектов добычи полезных ископаемых, обрабатывающих производств, производства и распределения электроэнергии, газа и воды, которые являются основой для формирования территориальной трансформации, имеют вид:

для городов:

$$y = -0,2522x^2 + 3,3631x - 8,0284x + 5,0585,$$

уравнение адекватно $R^2 = 0,9937$, средняя ошибка = 2,54%;

для районов:

$$y = -0,2617x^3 + 2,8118x^2 - 5,3882x + 2,7951$$

уравнение адекватно $R^2 = 0,999$, средняя ошибка = 3,21%;

где x – уровень иерархии фрактала.

Исходя из логики рассуждений, можно отметить, что в регионе находятся 6737 предприятий сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства. При этом 6073 ед. в районах ($6073=2^{12,57}$) и 664 ед. в городах ($664=2^{9,38}$). На предприятиях данного вида экономической деятельности трудятся 56 899 человек: в районах 55 860 чел. (55

860=2^{15,77}), в городах – 1039 чел. (1039=2^{10,02}). Преобразовав эти данные в функции изменения степеней при два, получили тренды, характеризующие функциональные зависимости тенденций данных изменений.

Закономерности изменения степени при два для объектов сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства, которые являются основой для формирования территориальной трансформации, будут следующими:

для городов:

$$y = -0,5608x^3 + 5,2252x^2 - 11,462x + 6,9403,$$

уравнение адекватно R² = 0,9837, средняя ошибка = 4,29%;

для районов:

$$y = -0,6139x^3 + 6,076x^2 - 13,483x + 8,131,$$

уравнение адекватно R² = 0,9957, средняя ошибка = 2,11%;

где x – уровень иерархии фрактала.

Сфера образования Оренбургской области характеризуется наличием 2217 организаций, из них: в городах находятся 647 ед. (647=3^{9,34}), в районах – 1570 ед. (1570=2^{10,62}). Общая численность учеников, учащихся и студентов по состоянию на 2006 г. составляла 429 467 человек. В городах обучалось 288 019 человек (288 019=2^{18,14}), в районах обучалось 141 448 человек, или 2^{17,11}. Изменение степени при два позволило построить график и рассчитать тренд (см. рис. 3).

Таким образом, закономерности изменения степени при два для образования следующие:

для городов:

$$y = 0,1217x^3 + 0,2449x^2 - 0,7084x + 0,3662,$$

уравнение адекватно R² = 0,9998, средняя ошибка = 11,32%;

для районов:

$$y = -0,1769x^3 + 2,4742x^2 - 5,0826x + 2,7651,$$

уравнение адекватно R² = 0,9999, средняя ошибка = 5,98%.

Сфера здравоохранения Оренбургской области характеризуется наличием 686 организаций, из которых: 45 ед. находятся в районах (45=2^{5,49}), а 641 ед. в городах (641=2^{9,32}). В организациях здравоохранения ра-

ботаю 37 221 человек (включая врачей всех специальностей, средний медицинский персонал и др.). В городах трудится 27 058 человек (27 058=2^{14,72}), в районах – 10 163 человека (10 163=2^{13,31}). Деятельность учреждений здравоохранения направлена на обслуживание потребностей всего населения области, таким образом, в районах система здравоохранения призвана обеспечивать потребности 904 700 человек, или 2^{19,79}, в городах 1 220 800 человек, или 2^{20,22}.

Построив графики (см. рис. 4) зависимостей по городам и районам области и построив линии трендов, мы получили следующие зависимости:

для городов:

$$y = -0,166x^3 + 2,3453x^2 - 5,25x + 3,1469,$$

уравнение адекватно R² = 0,9989, средняя ошибка = 5,45%;

для районов:

$$y = 0,1047x^3 - 0,3469x^2 + 1,9439x - 1,7851,$$

уравнение адекватно R² = 0,9798, средняя ошибка = 3,89%.

Сфера культуры и отдыха характеризуется наличием 2823 предприятий, из них: в городах работают 199 организаций (199=2^{7,64}), в районах – 2624, что составляет 2^{11,36}. Так как предприятия данной сферы в своей деятельности ориентируются на удовлетворение потребностей всего населения региона, то можно предположить, что сфера культуры и отдыха призвана обеспечивать потребности 904 700 человек, или 2^{19,79}, в городах – 1 220 800 человек, или 2^{20,22}. Тогда закономерности изменения степени при два будут иметь вид, представленный на рисунке 5.

Закономерности изменения степени при два для объектов сферы культуры и отдыха будут иметь вид:

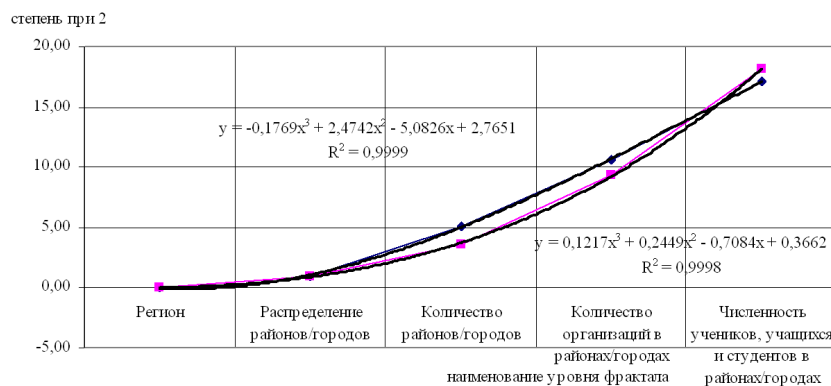


Рисунок 3. Графическая интерпретация фрактальных зависимостей пространственного развития образования Оренбургской области

для городов:
 $y = 0,5788x^3 - 3,4502x^2 + 7,8116x - 5,0429$,
 уравнение адекватно $R^2 = 0,9973$, средняя
 ошибка = 8,54%;

для районов:
 $y = -0,0773x^3 + 1,9073x^2 - 4,0997x + 2,2535$,
 уравнение адекватно $R^2 = 0,9999$, средняя
 ошибка = 14,21%.

В Оренбургской области находятся 2823
 предприятия строительства. В городах рас-
 полагаются 2624 ед. ($2624=2^{11,36}$), в районах –
 199 ед. ($199=27,64$). За год было введено 652

600 кв. метров жилых домов, из них в городе
 409 900 м² ($409 900=2^{18,64}$), в районах – 242 700
 м² ($242 700=2^{17,89}$). Степенные изменения пред-
 ставлены на рисунке 6, что позволило пост-
 роить тренд и рассчитать математические за-
 висимости.

Закономерности изменения степени при два
 для объектов строительства будут иметь вид:

для городов:
 $y = 0,4476x^3 - 2,4942x^2 + 5,7498x - 3,7833$,
 уравнение адекватно $R^2 = 0,998$, средняя
 ошибка = 3,20%;

степень при 2

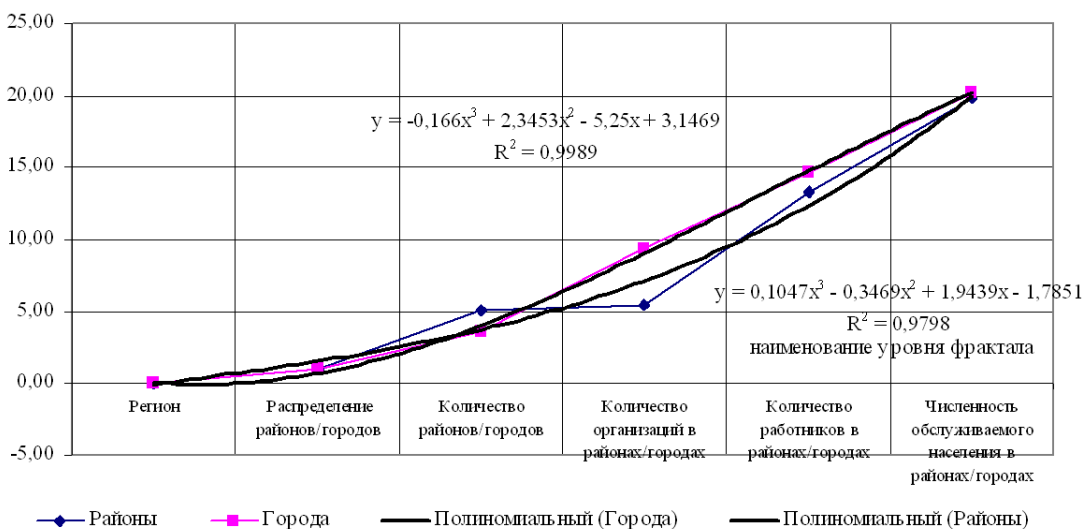


Рисунок 4. Графическая интерпретация фрактальных зависимостей пространственного развития здравоохранения Оренбургской области

степень при 2

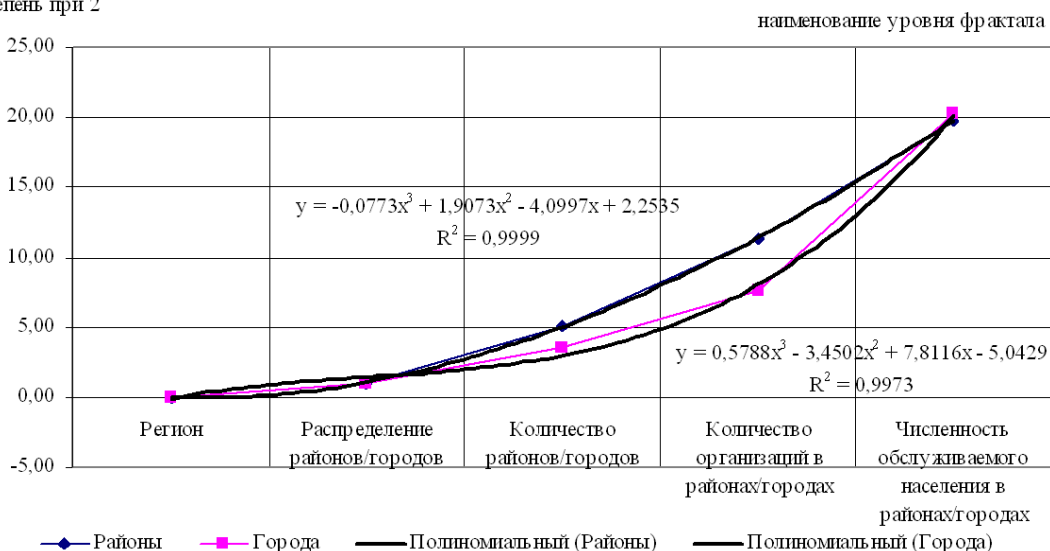


Рисунок 5. Графическая интерпретация фрактальных зависимостей пространственного развития сферы культуры и отдыха Оренбургской области

для районов:
 $y = -0,2355x^3 + 3,0598x^2 - 6,5855x + 3,7721$,
 уравнение адекватно $R^2 = 1$, средняя ошибка = 6,74%.

Следует отметить, что на территории Оренбургской области находится 2324 сельских населенных пункта, что составляет $2^{11,18}$, а также 12 городов, или $2^{3,58}$. В них проживает: в сельских населенных пунктах – 904 700 человек ($904\ 700 = 2^{19,79}$), в городах проживает 1 220 800 человек ($1\ 220\ 800 = 2^{20,22}$). Таким образом, в разрезе населенных пунктов и проживающего в них

населения закономерности изменения степени при два будут иметь вид, представленный на рисунке 7.

Построение тренда и нахождение математической зависимости позволило определить следующие закономерности:

для городов:
 $y = 1,2541x^3 - 9,2383x^2 + 21,607x - 13,957$,
 уравнение адекватно $R^2 = 0,9715$, средняя ошибка = 6,59%;

для районов:
 $y = -0,0481x^3 + 1,6571x^2 - 3,5033x + 1,8682$,

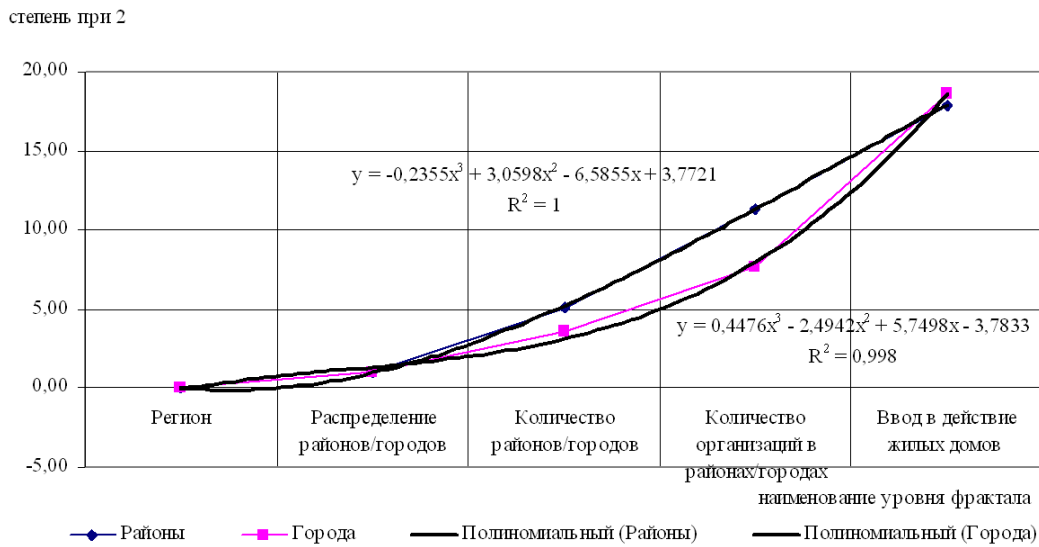


Рисунок 6. Графическая интерпретация фрактальных зависимостей пространственного развития строительства Оренбургской области

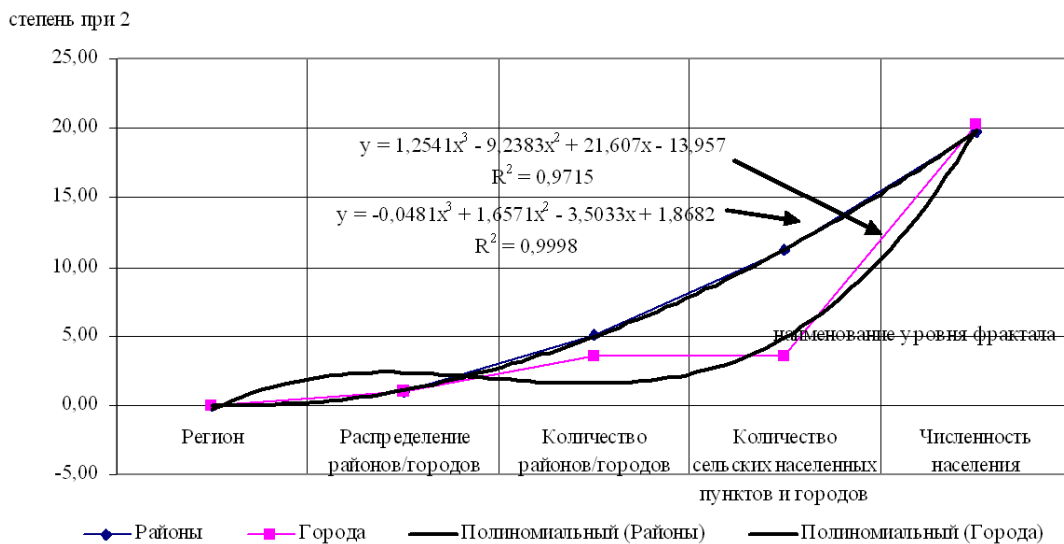


Рисунок 7. Графическая интерпретация фрактальных зависимостей пространственного распределения населения Оренбургской области

уравнение адекватно $R^2 = 0,9998$, средняя ошибка = 4,32%.

Таким образом, математическая интерпретация фрактальной структуры формирования территориальных закономерностей развития региональной экономики будет иметь вид:

$$\text{ValPок} = \sum_{i=1}^m R_{i,x} * 2^{fi(x)},$$

где i – номер ветви фрактала, $i=1, m$,

x – номер уровня детализации фрактала, $x=0, n$,

$R_{i,x}$ – величина трансформации экономики региона на i ветви фрактала на x уровне детализации,

$fi(x)$ – функция изменения степени при два i ветви фрактала на x уровне детализации.

Несколько иные закономерности были выявлены при исследовании особенностей формирования инфраструктурного обеспечения развития Оренбургской области в условиях становления сетевой экономики.

Как было показано ранее, г. Оренбург является центром развития информационных технологий в регионе, как в разрезе технического обеспечения, так и в разрезе программного. Корреляционный анализ показал, что уровень развития инфраструктурного обеспечения в г. Оренбурге тесно связан с уровнем развития ИКТ в других городах области, так же как и между городами прослеживаются очень тесные связи.

Однако при построении матрицы парной корреляции исходя из рассчитанного уровня дифференциации развития региональной экономики, исходя из первого критерия, у г. Оренбурга обнаруживаются тесные связи с такими городами, как: г. Бугуруслан, г. Бузулук, г. Гай, г. Новотроицк, г. Орск, то есть с теми городами, в которых уровень дифференциации не превышают 35% (исключение составляет г. Гай (49,03%)).

Исходя из корреляционного анализа, проведенного на основании данных, полученных при расчете уровня дифференциации исходя из второго критерия, мы обнаруживаем присутствие тесных обратных связей между г. Оренбургом и другими городами Оренбургской области. Если принять за основу тот тезис, что уровень развития инфраструктурного обеспечения в городах должен быть примерно на од-

ном уровне (сбалансированным в целом по региону), который будет близок к максимальному (значениям по г. Оренбургу), при этом различия в обеспечении дальнейшего развития экономики городов будут минимальными.

Проведем корреляционно-регрессионное моделирование уравнений развития рисков в городах региона в зависимости от изменения рисков внедрения ИКТ в г. Оренбурге (см. табл. 1). В ходе моделирования было подтверждено, что г. Оренбург действительно является центром инфраструктурного обеспечения в регионе. Полученные модели адекватные: R^2 больше 50%, расчетные критерии Фишера больше табличных, средние ошибки достаточно малы, критерий Дарбина - Уотсона близок к двум. При этом Оренбургская область характеризуется тенденциями развития дифференциации, при которых увеличение уровня дифференциации в областном центре (или будут формироваться в регионе несколько сильных центров эффективного развития информационных технологий) будет способствовать уменьшению уровня инфраструктурной дифференциации в других городах.

На примере г. Орска можно сказать, что увеличение дифференциации развития инфраструктурного обеспечения в областном центре на 1% за счет более интенсивного внедрения ИКТ в других городах региона приведет к уменьшению дифференциации в г. Орске на 14,97% (с вероятностью 50%).

Как показывают проведенные исследования, при том, что г. Оренбург является центром в развитии инфраструктуры при функционировании региона в условиях сетевой экономики для других городов региона, сами города являются центрами развития для прилегающих к ним районов области (см. рис. 8).

На примере г. Ясного, обработав данные по уровню территориальной дифференциации инфраструктурного обеспечения развития Оренбургской области в условиях становления сетевой экономики, можно смоделировать тенденции данного взаимодействия города и прилегающих (соседствующих) районов (см. табл. 2).

Полученные модели адекватные: R^2 больше 63%, расчетные критерии Фишера больше табличных, средние ошибки достаточно малы,

Таблица 1. Влияние уровня развития сетевого инфраструктурного обеспечения в г. Оренбурге на уровень развития сетевого инфраструктурного обеспечения в других городах Оренбургской области (рассчитанных на основании второго критерия)

Наименование города	Свободный член	Уровень развития сетевого инфраструктурного обеспечения в г. Оренбурге	Проверка адекватности уравнения		
			R ²	критерий Фишера	средняя ошибка
Абдулино	88,06	-20,52	0,56	19,58	24,03
Бугуруслан	84,11	-19,55	0,52	16,45	24,98
Бузулук	76,96	-17,32	0,51	15,24	22,99
Гай	86,94	-19,24	0,52	16,08	24,86
Кувандык	89,03	-17,91	0,52	16,29	22,99
Медногорск	88,16	-21,36	0,58	20,51	24,44
Новотроицк	82,42	-17,86	0,50	14,45	24,35
Орск	66,46	-14,97	0,50	14,65	20,27
Соль-Илецк	88,01	-21,55	0,57	19,49	25,29
Сорочинск	88,32	-20,76	0,55	18,04	25,32
Ясный	89,86	-20,91	0,65	27,57	20,64

Таблица 2. Влияние уровня развития сетевого инфраструктурного обеспечения в г. Ясном на уровень сетевого инфраструктурного обеспечения в прилегающих к нему районах Оренбургской области (рассчитанных на основании второго критерия)

Наименование района	Свободный член	Уровень развития инфраструктурного обеспечения в г. Ясном	Проверка адекватности уравнения		
			R ²	критерий Фишера	средняя ошибка
Адамовский район	-1,18	0,81	0,63	25,57	12,77
Домбаровский район	-0,28	0,67	0,83	72,71	12,81
Новоорский район	23,62	0,51	0,91	145,50	7,52
Светлинский район	4,51	0,93	0,66	28,33	12,98
Ясненский район	-1,18	0,81	0,92	163,22	9,79

критерий Дарбина - Уотсона близок к двум. Выявлено, что увеличение уровня дифференциации в г. Ясном на 1% повысит уровень дифференциации в районах: в Адамовском на 0,81%, Домбаровском на 0,67%, Новоорском на 0,51%, Светлинском на 0,93%, Ясненском на 0,81%. Тогда при уменьшении величины дифференциации в городе в районах он будет уменьшаться пропорционально в соответствии с выявленными тенденциями.

Данные тенденции влияния уровня дифференциации инфраструктурного обеспечения в городах региона на уровень дифференциации инфраструктурного обеспечения в прилегающих районах прослеживаются во всех городах кроме г. Оренбурга (см. таблицу 3).

В областном центре прослеживается ситуация, когда изменение уровня территори-

альной дифференциации прилегающих районов практически не зависит от уровня дифференциации в г. Оренбурге, исключением является Оренбургский район. Данная модель получилась адекватной и показывает, что в Оренбургском районе наиболее эффективно развиваются ИКТ относительно других районов области, потому что здесь присутствует сильное влияние г. Оренбурга на данный процесс. При уменьшении территориальной дифференциации инфраструктурного обеспечения в г. Оренбурге на 1% в Оренбургском районе уровень дифференциации уменьшаются на 2,03%.

Можно сделать вывод о том, что развитие инфраструктурного обеспечения (информационных технологий) в г. Оренбурге в первую очередь оказывает влияние на развитие ИКТ в дру-

Таблица 3. Влияние уровня развития сетевого инфраструктурного обеспечения в г. Оренбурге на уровень сетевого инфраструктурного обеспечения в прилегающих к нему районах Оренбургской области (рассчитанных на основании второго критерия)

Наименование района	Свободный член	Риск развития ИКТ в г. Оренбурге	Проверка адекватности уравнения		
			R ²	критерий Фишера	средняя ошибка
Беляевский район	71,21	-6,89	0,15	2,61	22,08
Илекский район	66,25	-6,22	0,13	2,20	21,72
Оренбургский район	0,39	2,03	0,76	46,20	1,55
Перволюцкий район	47,54	-11,53	0,29	6,27	23,85
Сакмарский район	58,92	-5,30	0,07	1,14	25,77
Саракташский район	42,50	-7,81	0,21	4,01	20,20
Соль-Илецкий район	79,52	-13,50	0,36	8,52	23,95

гих городах региона, а те уже в свою очередь способствуют внедрению ИКТ на уровне прилегающих районов.

При этом насколько эффективно будет формироваться инфраструктурное обеспечение функционирования в условиях сетевой экономики в Оренбургской области, зависит от сбалансированности данного процесса в городах. Лидерство г. Оренбурга не должно быть настолько явным, тогда дифференциация сетевого инфраструктурного обеспечения в перспективе будет уменьшаться. Сетевое инфраструктурное обеспечение в городах региона должно возрасти при неизменном уровне в г. Оренбурге, что позволит значительно снизить территориальную дифференциацию эффективного развития региона в условиях становления сетевой экономики.

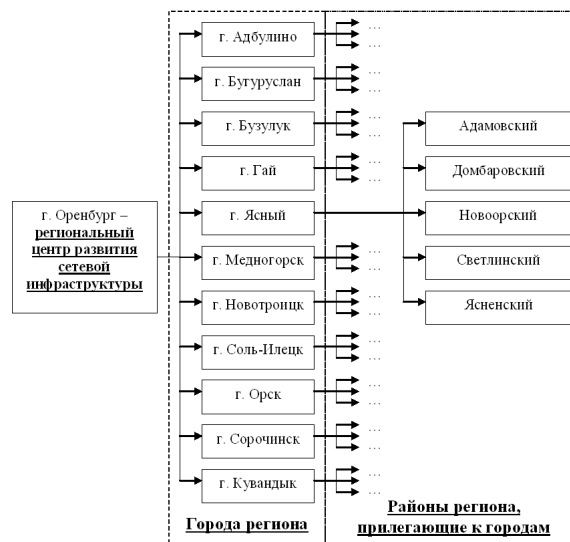


Рисунок 8. Современная структура развития сетевой инфраструктуры в городах и районах Оренбургской области

Список использованной литературы:

1. Гринченко В.Т. Введение в нелинейную динамику: Хаос и фракталы / В.Т. Гринченко, В.Т. Мацыпура, А.А. Снарский. - Изд. 2-е. - М.: Издательство ЛКИ, 2007. - 264 с.
2. Мандельброт Б. (Не)послушные рынки: фрактальная революция в финансах. Пер. с англ. / Б. Мандельброт, Р.Л. Хадсон. - М.: Издательский дом «Вильямс». 2006. - 400 с.
3. Областной статистический ежегодник: Города и районы Оренбургской области 2008 / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области. - Оренбург, 2008. - 284 с.