

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ ПОРЯДКОВЫХ МОДЕЛЕЙ МНОЖЕСТВЕННОГО ВЫБОРА

В статье реализован подход к построению интегрального показателя в форме модели множественного выбора (на примере Оренбургской области), характеризующего уровень демографической безопасности и позволяющего проводить сравнительный анализ муниципальных образований по данной латентной категории.

Ключевые слова: моделирование, демографическая безопасность, интегральный показатель, модели множественного выбора.

Современная демографическая ситуация страны и ее отдельных регионов по-прежнему остается крайне неблагоприятной. Не смотря на пристальное внимание со стороны государства на данную проблему, в условиях непреодолимого системного кризиса, усугубляемого мировыми финансовыми и экономическими потрясениями, демографические проблемы на сегодняшний день проявляют себя достаточно остро. Текущие негативные демографические тенденции и явления следует рассматривать как реальные и потенциальные угрозы устойчивому развитию общества не только на современном этапе, но и в перспективе.

Чтобы оказывать влияние на сложившиеся диспропорции воспроизводства населения требуется реализация комплексных целевых программ, направленных на оздоровление социальной обстановки, стабилизацию демографической ситуации, формирование предпосылок к дальнейшему демографическому росту, разработка которых должна опираться на результаты комплексных математико-статистических исследований.

Демографическая безопасность, являясь важнейшей составной частью общенациональной безопасности страны, характеризуется уровнем защищенности основных жизненно важных демографических процессов от реальных и потенциальных угроз [1].

Задача измерения и оценки уровня демографического состояния региона предусматривает, в первую очередь, формирование системы показателей, позволяющей учесть все характерные особенности демографической безопасности и являющейся основой для проведения дальнейшего исследования. Учитывая сложный и многогранный характер категории демографической безопасности, аккумулирующей в себе все существенные для человека условия существо-

вания и развития, предложено выделить блоки показателей, составляющих среду и систему обеспечения демографической безопасности [2]:

Блок показателей качества населения интегрирует в себе основные показатели воспроизводства населения, демографической структуры, заболеваемости, состояния системы здравоохранения, уровня образования и культуры.

Блок показателей уровня благосостояния населения аккумулирует основные показатели уровня жизни и отражает степень удовлетворения его материальных и духовных потребностей.

Блок показателей экономического развития характеризует отраслевую структуру экономики, состояние рынка труда.

Блок показателей риска в социальной сфере отражает уровень и состояние условий труда, криминогенности и заболевания социального характера.

Блок показателей качества экологической среды аккумулирует данные о загрязнении воздушного пространства, почв и воды.

Информационная база представлена набором показателей, характеризующих уровень благосостояния и занятость населения, образование, здравоохранение, производственный и научно-технический потенциал, финансовое состояние, правопорядок муниципальных образований Оренбургской области за 2010 год.

Особенности географического положения, экономического и социального развития, разнообразие природно-климатических условий городов и районов Оренбургской области, обуславливают их межтерриториальную неоднородность по состоянию показателей, характеризующих демографическую безопасность. С этих позиций представляет интерес выделение однородных по указанным категориям групп объектов. Для решения задачи классификации был

выбран метод неметрического шкалирования, позволяющий разделить все муниципалитеты области на классы, анализируя «карты» их расположения в теоретическом стимульном пространстве.

Наиболее существенное уменьшение величины нормализованного стресса (на 68%) наблюдается при переходе от одной шкалы к двум (рисунок 1), это означает, что для корректного отображения взаимного расположения объектов достаточно двух шкал.

Для интерпретации шкал были рассчитаны коэффициенты корреляции между координатами стимулов в исходном и новом простран-

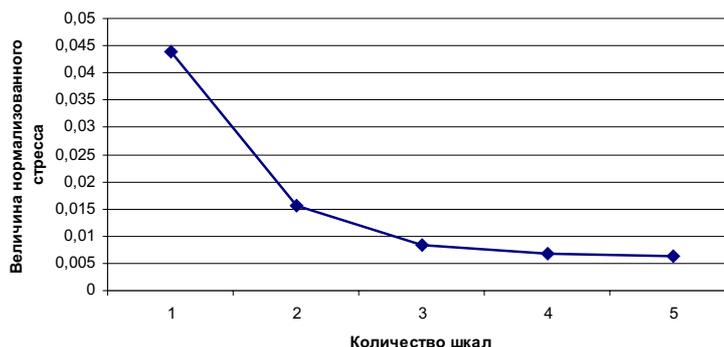


Рисунок 1. График зависимости величины нормализованного стресса от количества выделяемых шкал

ствах: высокий коэффициент корреляции свидетельствует о значительном вкладе данного показателя в содержательную интерпретацию оси (таблица 1).

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между координатами стимулов в исходном и новом пространствах

| № п/п | Показатель | 1 шкала | | 2 шкала | |
|-------|---|---------------|---------------|--------------|---------------|
| | | коэффициент | p | коэффициент | p |
| 1 | общий коэффициент рождаемости (на 1000 человек) | 0,148 | p=,321 | -0,087 | p=,561 |
| 2 | общий коэффициент смертности (на 1000 человек) | 0,026 | p=,863 | -0,086 | p=,564 |
| 3 | коэффициент младенческой смертности (на 1000 родившихся живыми) | 0,151 | p=,736 | -0,077 | p=,612 |
| 4 | уровень брачности населения (на 1000 человек) | -0,388 | p=,007 | 0,212 | p=,153 |
| 5 | уровень разводимости населения (на 1000 человек) | 0,324 | p=,026 | 0,283 | p=,054 |
| 6 | коэффициент миграционного прироста (на 1000 человек) | -0,206 | p=,164 | 0,291 | p=,047 |
| 7 | удельный вес населения в трудоспособном возрасте (%) | -0,482 | p=,001 | 0,265 | p=,072 |
| 8 | удельный вес населения старше трудоспособного возраста (%) | 0,130 | p=,384 | -0,166 | p=,266 |
| 9 | показатель общей заболеваемости (на 1000 человек) | 0,396 | p=,006 | 0,152 | p=,063 |
| 10 | болезни системы кровообращения (на 1000 человек) | 0,351 | p=,008 | 0,204 | p=,167 |
| 11 | обеспеченность населения врачами (на 10000 человек) | -0,858 | p=,000 | -0,036 | p=,813 |
| 12 | обеспеченность населения средним медицинским персоналом (на 10000 человек) | -0,373 | p=,010 | 0,111 | p=,458 |
| 13 | обеспеченность населения больничными койками (на 10000 человек) | -0,501 | p=,000 | 0,068 | p=,648 |
| 14 | среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников (рублей) | 0,066 | p=,234 | 0,399 | p=,005 |
| 15 | средний размер назначенных месячных пенсий (рублей) | 0,047 | p=,101 | 0,210 | p=,157 |
| 16 | площадь жилищ, приходящаяся в среднем на одного жителя (кв.м.) | -0,065 | p=,665 | -0,043 | p=,776 |
| 17 | объем промышленной продукции на душу населения (рублей) | -0,097 | p=,120 | 0,366 | p=,001 |
| 18 | инвестиции в основной капитал на душу населения (рублей) | -0,079 | p=,714 | 0,422 | p=,000 |
| 19 | уровень официально зарегистрированной безработицы (%) | 0,833 | p=,000 | -0,215 | p=,147 |
| 20 | число зарегистрированных преступлений (на 1000 населения) | 0,361 | p=,013 | -0,063 | p=,674 |
| 21 | численность лиц, состоящих на диспансерном учете по поводу наркомании (на 10000 человек) | 0,542 | p=,000 | 0,270 | p=,072 |
| 22 | использование свежей воды (миллионов кубических метров) | -0,950 | p=0,00 | -0,117 | p=,434 |
| 23 | выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников (тысяч тонн) | 0,398 | p=,006 | -0,224 | p=,130 |

Первая шкала имеет положительную взаимосвязь с такими показателями, как уровень рождаемости, общая заболеваемость, уровень официально зарегистрированной безработицы, число зарегистрированных преступлений и др. и отрицательную взаимосвязь с уровнем брачности, удельным весом населения в трудоспособном возрасте, обеспеченностью населения врачами и больничными койками, следовательно, первая шкала может быть интерпретирована как уровень социально-демографической напряженности в регионе. Вторая шкала имеет положительную умеренную связь с показателями номинальной среднемесячной заработной платы, объемом выпущенной промышленной продукции, а также инвестициями в основной капитал, то есть характеризует уровень экономического развития.



Рисунок 2. Карта взаимного расположения городов и районов Оренбургской области в пространстве новых переменных

Результат шкалирования представлен графически на рисунке 2, из которого видно, что значительно выделяющимися объектами являются города Оренбург, Новотроицк, Орск, Бузулук. Эти объекты будут отнесены в класс под номером 1, характеризующийся высоким уровнем экономического развития и относительно низким уровнем социальной напряженности.

Для наглядности объекты второго и третьего класса представлены на рисунке 3 в измененном масштабе.

В соответствии с рисунком 3 можно сделать вывод, что третий класс является более однородным, плотным, в отличие от второго класса, объекты которого в большей степени отличаются друг от друга.

Полный состав каждого класса приведен в таблице 2.

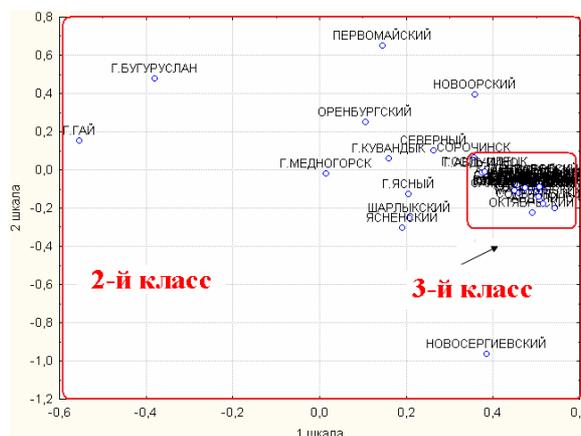


Рисунок 3. Карта взаимного расположения городов и районов Оренбургской области, относящихся ко второму и третьему классам, в пространстве новых переменных

Таблица 2. Состав классов по уровню демографической безопасности в 2010 году

| Номер кластера | Количество объектов в кластере | Состав класса |
|----------------|--------------------------------|--|
| Кластер 1 | 4 | Города: Бузулук, Новотроицк, Оренбург, Орск. |
| Кластер 2 | 13 | Города: Гай, Бугуруслан, Кувандык, Сорочинск, Медногорск, Ясный Районы: Новоорский, Новосергиевский, Оренбургский, Первомайский, Северный, Шарлыкский, Ясенский. |
| Кластер 3 | 30 | Города: Абдулино, Соль-Илецк Районы: Адамовский, Акбулакский, Александровский, Беляевский, Домбаровский, Илекский, Кваркенский, Красногвардейский, Кувандыкский, Абдулинский, Асеевский, Бугурусланский, Бузулукский, Гайский, Грачевский, Курманаевский, Матвеевский, Октябрьский, Пономаревский, Сорочинский, Переволоцкий, Сакмарский, Саракташский, Светлинский, Соль-Илецкий, Ташлинский, Тоцкий, Тюльганский. |

Классификация городов и районов на основе результатов неметрического шкалирования выявила существование в пределах Оренбургской области трех классов, каждый из которых представляет собой группу объектов, связанных единством демографического, экономического, географического, социального положения.

Учитывая, что состояние демографических процессов по-разному проявляется в отдельных муниципальных образования Оренбургской области, развитие и функционирование которых имеет свою специфику, возникает необходимость построения интегрального показателя, характеризующего уровень демографической безопасности, позволяющего проводить ранжирование и сравнительный анализ муниципальных образований по данной категории.

Интегральный показатель, характеризующий демографическое состояние при наличии обучающей информации, предлагается осуществлять на основе порядковых моделей множественного выбора. В качестве обучающей информации будем использовать полученное ранее разбиение городов и районов Оренбургской области на три класса [3].

Таким образом, ставится задача построения интегрального показателя, характеризующего уровень демографической безопасности, в форме модели, ставящей в соответствие каждому объекту y_i , номер класса в зависимости от значений линейной функции $\beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \varepsilon_i = \beta^T X_i + \varepsilon_i$:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если } y_i^* \leq \gamma_1, \\ 2, & \text{если } \gamma_1 < y_i^* \leq \gamma_2, \\ 3, & \text{если } y_i^* > \gamma_2 \end{cases} \quad i = \overline{1, n} \quad (1)$$

где $\beta = (\beta_1, \beta_2)^T$, $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2)^T$ – параметры модели, подлежащие определению;

X_i – вектор наблюдаемых значений измеряемых переменных для i -го объекта наблюдения;

y_i^* – вспомогательная переменная вида: $y_i^* = \beta^T x_i + \varepsilon_i$;

ε_i – независимые, одинаково распределенные случайные величины, характеризующие влияние неучтенных факторов.

При этом вероятность отнесения объекта i к классу $j \in \{1, \dots, k\}$:

$$P\{y_i = j | x_i\} = P\{\gamma_{j-1} < y_i^* \leq \gamma_j | x_i\} = P\{\gamma_{j-1} < x_i^T \beta + \varepsilon_i \leq \gamma_j\} = P\{\gamma_{j-1} - x_i^T \beta < \varepsilon_i \leq \gamma_j - x_i^T \beta\} = F(\gamma_j - x_i^T \beta) - F(\gamma_{j-1} - x_i^T \beta),$$

где $F(z)$ – функция распределения случайной величины ε_i , в качестве которой обычно используют

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-t^2/2} dt \quad [4, 5].$$

Оценивание порядковой пробит-модели с нормализацией $\sigma = 1$ методом максимального правдоподобия (таблица 5) дает следующие результаты:

$$\hat{y}_i^* = 3,03 \cdot x_{i1} - 0,69 \cdot x_{i2}, \quad (2)$$

(0,91) (0,13)

где x_1 – показатель, характеризующий уровень социально-демографической напряженности;

x_2 – показатель, характеризующий уровень экономического развития.

Переменная y_i будет принимать значения из условия, представленного в виде (3):

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если } \hat{y}_i^* \leq -0,74, \\ 2, & \text{если } -0,74 < \hat{y}_i^* \leq 0,59, \\ 3, & \text{если } \hat{y}_i^* > 0,59. \end{cases} \quad (3)$$

Построенная модель значима, критерий Акаике принимает значение 1,25, байесовский критерий Шварца 1,41, пороговые значения переменной \hat{y}_i^* значимы на уровне 0,08, коэффициент детерминации составил 0,76 (таблица 3).

О качестве построенной модели можно судить по значениям таблицы 4, которая показывает результаты применения построенной модели к элементам выборки.

Таким образом, модель полностью распознает объекты первого класса, несколько хуже объекты второго и третьего классов. В целом модель достаточно адекватно описывает исходные данные, всего правильно классифицировано 44 из 47 объектов (93%).

На основе модели множественного выбора получили возможность осуществить ранжирование муниципальных образований региона по вычисленным значениям вероятностей отнесения объектов к классу с более высоким или низким уровнем демографического состояния (таблица 5).

По результатам рейтинговой оценки городов и районов Оренбургской области можно сделать следующие выводы. Лидерами по уровню демографической безопасности являются практически все города области, которые существенно опережают сельскую местность по уровню демографической безопасности: здесь сосре-

Таблица 3. Результаты оценивания порядковой модели, характеризующей демографическую безопасность

| Показатель | Оценка коэффициентов | Стандартное отклонение | z-статистика | Уровень значимости |
|--------------------------------|----------------------|------------------------|--------------|--------------------|
| x1 | 3,033852 | 0,913177 | 3,322306 | 0,0009 |
| x2 | -0,699453 | 0,139519 | -0,833159 | 0,0048 |
| Пороговые значения | | | | |
| γ_1 | -0,746496 | 0,426658 | -1,749636 | 0,0802 |
| γ_2 | 0,592235 | 0,172463 | 1,590051 | 0,0118 |
| Характеристики | | | | |
| Информационный критерий Акаике | 1,254617 | Критерий Шварца | 1,412076 | |
| LR статистика (4 df) | 33,58059 | Критерий Хеннана-Куина | 1,313870 | |
| Вероятность (LR stat) | 5,11E-08 | LR индекс (псевдо-R2) | 0,764180 | |

Таблица 4. Отнесение объекта к классу с более высоким или низким уровнем демографической безопасности

| | Предсказание к первому классу | Предсказание ко второму классу | Предсказание к третьему классу | Процент корректных предсказаний |
|--|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Отнесение объекта к первому классу | 4 | 0 | 0 | 100% |
| Отнесение объекта ко второму классу | 1 | 12 | 0 | 92% |
| Отнесение к третьему классу | 1 | 1 | 28 | 93% |
| Общий процент правильной классификации | | | | 93% |

Таблица 5. Результаты ранжирования городов и районов Оренбургской области по величине интегрального показателя, характеризующего демографическую безопасность, за 2010 год

| Муниципальные образования | Ранг | y* | Вероятность отнесения объекта | | |
|---------------------------|------|---------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | | к 1 классу | ко 2 классу | к 3 классу |
| г. Оренбург | 1 | -21,329 | 1,000 | 0,000 | 0,000 |
| г. Новотроицк | 1 | -13,533 | 0,999 | 0,001 | 0,000 |
| г. Орск | 1 | -7,091 | 0,934 | 0,058 | 0,008 |
| г. Бузулук | 1 | -6,211 | 0,902 | 0,084 | 0,014 |
| г. Гай | 1 | -1,786 | 0,594 | 0,276 | 0,129 |
| г. Бугуруслан | 1 | -1,482 | 0,566 | 0,289 | 0,145 |
| Первомайский | 2 | -0,012 | 0,333 | 0,427 | 0,240 |
| г. Медногорск | 2 | 0,057 | 0,335 | 0,42 | 0,245 |
| г. Кувандык | 2 | 0,444 | 0,340 | 0,385 | 0,275 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| г. Абдулино | 2 | 1,142 | 0,323 | 0,344 | 0,333 |
| г. Соль-Илецк | 2 | 1,159 | 0,322 | 0,344 | 0,334 |
| Новосергиевский | 2 | 1,209 | 0,317 | 0,344 | 0,339 |
| Адамовский | 3 | 1,412 | 0,300 | 0,343 | 0,357 |
| Ташлинский | 3 | 1,431 | 0,299 | 0,343 | 0,358 |
| Светлинский | 3 | 1,434 | 0,298 | 0,343 | 0,359 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Матвеевский | 3 | 1,648 | 0,281 | 0,341 | 0,378 |
| Соль-Илецкий | 3 | 1,681 | 0,278 | 0,341 | 0,381 |
| Абдулинский | 3 | 1,781 | 0,270 | 0,340 | 0,390 |

доточены предприятия, предоставляющие торговые, культурные, медицинские, образовательные услуги.

Города Медногорск, Кувандык, Абдулино, Соль-Илецк, а также ряд сельских районов, где сосредоточены, главным образом, месторождения нефти и относительно развита сельская инфраструктура, характеризуются показателями, обеспечивающими средний уровень демографической безопасности, в условиях естественной убыли населения прирост числа жителей здесь происходит за счет миграционного притока.

Демографическая безопасность районов, расположенных преимущественно вдоль границы с Казахстаном, остается на сравнительно низком уровне: высокие показатели заболеваемости и смертности, в том числе младенческой, объясняются низким уровнем медицинского обслуживания, а также отсутствием экстренной медицинской помощи в сельских районах. Следует отметить, что для перехода объектов третьего класса в класс с более высоким уровнем демографической безопасности, необходимо комплексное улучшение, которое возможно при увеличении показателя, характеризующего уровень экономического развития, в среднем на 66% и снижении показателя, характеризующего социально-демографическую напряженность, в среднем на 38%.

Переход объектов третьего класса в первый класс с наилучшей демографической ситуаци-

ей, может произойти при повышении показателя, характеризующего уровень экономического развития, в среднем на 138%.

Переход объектов второго класса в первый класс, может произойти при увеличении показателя, характеризующего уровень экономического развития, в среднем на 53% и сокращении показателя, характеризующего уровень социально-демографической напряженности, в среднем на 22%.

Таким образом, предложенный в статье подход позволил:

1) сформировать набор статистически регистрируемых показателей, в полной мере отражающих состояние и развитие демографической безопасности;

2) выявить классы муниципальных образований Оренбургской области со сравнительно высоким, средним и низким уровнем демографической безопасности на основе классификации методом неметрического шкалирования, позволившим построить карты взаимного расположения городов и районов в пространстве социально-демографической напряженности и уровня экономического развития;

3) провести сравнительный анализ муниципальных образований Оренбургской области по значению интегрального показателя, характеризующего уровень демографической безопасности, на основе модели множественного выбора.

03.11.2012

Список литературы:

1. Бантикова, О. И. Построение интегрального показателя, характеризующего уровень демографической безопасности // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – № 3. – С. 87–93.
2. Анализ и моделирование демографических и миграционных процессов в контексте национальной безопасности (региональный аспект) / В. П. Ковалевский [и др.]; Под редакцией А. Г. Реннера. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2009. – 226 с.
3. Сравнительный анализ административно-территориальных образований региона по уровню демографической безопасности // Многопрофильный университет как региональный центр образования и науки. Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург, ИПК ГОУ ОГУ, 2009. – С. 1023–1028.
4. Седова, Е. Н. Модели бинарного и множественного выбора в задачах управления эколого-экономическими рисками // Вестник Оренбургского государственного университета. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – № 8. – С. 96–102.
5. Johnson, P. A. A test of the normality assumption in the ordered probit model // METRON. – 1996. – LIV. – № 3-4. – P. 213–221.

Сведения об авторе:

Бантикова Ольга Игоревна, доцент кафедры математических методов и моделей в экономике Оренбургского государственного университета, кандидат экономических наук
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 6106, тел. (3532) 372444, e-mail: bantikova777@mail.ru

UDC 314 (470.56: 517.3)

Bantikova O. I.

Orenburg state university, e-mail: bantikova777@mail.ru

ODELLING OF DEMOGRAPHIC SAFETY ON THE BASIS OF SERIAL MODELS OF THE PLURAL CHOICE

In article the approach to construction of an integrated indicator in the form of model of a plural choice (on an example of the Orenburg region), characterizing level of demographic safety is realized and allowing to carry out the comparative analysis of municipal unions on the given latent category.

Key words: modeling, demographic safety, an integrated indicator, models of a plural choice.