

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНОГО ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

О.А. Кривова, Л.М. Козак

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины

Проанализированы подходы к формированию композитных индикаторов социально-демографического развития. Рассмотрены особенности информационно-методического обеспечения определения регионального человеческого развития, в частности для расчета индекса воспроизводства населения в регионах Украины. На основе методов кластерного и регрессионного анализа разработана методика формирования комплексной оценки регионального демографического развития. Проанализированы отличия предложенного подхода к формированию композитного индикатора и действующей методики измерения регионального человеческого развития.

Ключевые слова: кластеризация, композитный индикатор, индекс регионального демографического развития, упорядоченная классификация.

Проаналізовано підходи до формування композитних індикаторів соціально-демографічного розвитку. Розглянуто особливості інформаційно-методичного забезпечення визначення індексу регіонального людського розвитку, зокрема для розрахунку індексу відтворення населення в регіонах України. На основі методів кластерного та регресійного аналізу розроблено методику формування комплексної оцінки регіонального демографічного розвитку. Проаналізовано відмінності запропонованого підходу до формування композитного індикатора і діючої методики вимірювання регіонального людського розвитку.

Ключові слова: кластеризація, композитний індикатор, індекс регіонального демографічного розвитку, упорядкована класифікація.

ВВЕДЕНИЕ

Для исследования и анализа аспектов человеческого развития (демографических, социально-экономических, экологических и других) используют набор статистических показателей или индикаторов. При необходимости принятия управляющих решений обращаются к комплексным оценкам или сводным индикаторам. В англоязычной научно-технической литературе для таких сводных оценок используется термин «композитный индикатор», или «индекс явления, процесса». Социально-экономические композитные индикаторы, иначе индексы качества жизни, бедности, экономической безопасности, социального прогресса и другие, применяются для сопоставления этих величин для разных стран. Наиболее известным является "индекс развития человеческого потенциала" (ИРЧП), по которому ООН с 1990 года проводятся международные сравнения возможностей и уровня развития человеческого потенциала. В Украине разработана национальная методика измерения уровня регионального человеческого развития, адаптированная к национальной статистической базе (Методика РЧР) [1]. С 2001 года Государственная служба статистики проводит по этой

методике расчеты, результаты публикуются в ежегодных сборниках [2]. На основе этих результатов можно оценить тенденции и диспропорции в региональных условиях жизни населения: характеристик воспроизводства населения, социальной среды и работы, уровня благосостояния, условий проживания, возможностей образования [3].

В работах Портера М.Е [4], Изарда У.[5], Гранберга А.Г. [6], Либановой С.М. [3], Герасимчук З.В. [7] разработаны теоретико-методологические основы анализа социально-экономического развития регионов. Прикладным и методическим аспектам оценки регионального развития, в частности совершенствованию методики формирования индексов, посвящены работы ряда отечественных и зарубежных ученых [9–15]. На наш взгляд, целесообразно провести сравнение методологических подходов к оценке региональной дифференциации, основанных на разных типах математических моделей.

Цель — формирование комплексной оценки демографического развития регионов Украины на основе упорядоченной типологической классификации.

ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ИНДИКАТОРОВ

Теоретические основы и принципы формирования композитных индикаторов изложены в рекомендациях, разработанных группой прикладной статистики Объединенного исследовательского центра Еврокомиссии (JRC-COIN) [16] и ОБСЕ [17]. Общая схема формирования композитных индикаторов (или композитных индексов) состоит из следующих основных этапов.

Выбор переменных. Отбор наиболее информативных показателей; оценка их качества (полнота, достоверность, отсутствие выбросов), а также определение зависимости между выбранными переменными (проверка мультиколлинеарности). Объединение набора показателей (первичных индикаторов) в отдельные блоки.

Нормализация индикаторов. Для соизмеримости показателей, представленных в разных единицах измерения, их необходимо привести к общему масштабу. Основные методы нормализации переменных:

$$z = \frac{x}{\bar{x}} \quad (1)$$

$$z = \frac{x}{\bar{x} - \sigma} \quad (2)$$

$$z = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (3)$$

$$z = \frac{x}{x_{\max}} \quad (4)$$

где \bar{x} — среднее значение показателя, σ — среднеквадратическое отклонение исходной переменной, x_{max} и x_{min} — максимальное и минимальное значение x .

Преобразование (2) соответствует методу стандартизации переменных, основанному на нормальном распределении, при котором переменные приводятся в масштаб единичного стандартного отклонения. Минимаксный метод нормализации (3) соответствует масштабированию в диапазон [0, 1]. Используются и другие варианты преобразования переменных. При выборе способа нормализации индикаторов необходимо учитывать их свойства (тип данных, особенности функций распределения). Известно, что разные методы нормализации могут приводить к разным конечным результатам [18].

Методы и модели агрегации первичных данных. Перечислим основные модели формирования композитного индекса, основанные на методах многомерного статистического анализа:

- модель множественной линейной регрессии;
- метод главных компонент (факторный анализ) [1];
- метод оценки внутренней согласованности (коэффициент α Кронбаха);
- кластерный анализ [19];
- многомерное шкалирование;
- нейросетевые модели [20];

Типичный вид композитного индекса при аддитивной свертке индикаторов:

$$I_j = \sum_{i=1}^m w_i x_{ji} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1, \quad 0 \leq w_i \leq 1 \quad (6)$$

где x_{ji} — нормализованные индикаторы; m — количество индикаторов, w_{ji} — их весовые коэффициенты. Весовые коэффициенты рассчитываются на основе выбранной модели.

Линейная свертка является традиционным подходом к формированию композитных индикаторов, реже применяют мультипликативный, комбинаторный метод агрегации индикаторов, функциональное шкалирование.

Заключительный этап — интерпретация результатов, проверка обоснованности индекса, определение диапазона для принятия решений, построение рейтинга исследуемых объектов [16, 21].

Каждый из этапов формирования комплексной оценки в виде индекса имеет свои методические проблемы и трудности: выбор системы первичных индикаторов, объединение их в отдельные блоки, согласованность выбора способа нормализации и математической модели, проверка адекватности полученных результатов.

В последние десятилетия на базе теории принятия решений разработаны специальные методы и алгоритмы, где в качестве входных данных рассматриваются альтернативы, а затем оцениваются в соответствии с определенными критериями [22, 23]. Одним из таких подходов к принятию решений, применяемый для формирования интегральных индикаторов, является классический метод анализа иерархий Саати (МАИ) [25], а также его последующие модификации [26]. В основе метода лежат: процедура попарного сравнения показателей на основе шкалы от одного до девяти, формирование матрицы попарных сравнений и вычисление относительных весовых коэффициентов индикаторов как собственного вектора матрицы.

В последние годы активно разрабатываются гибридные алгоритмы «построения упорядоченной классификации» (ordinal classification, multicriteria ordered clustering), которые предварительно разбивают объекты на группы (категории, кластеры), чем упрощается проблема принятия решения о преимуществах по нескольким критериям [25–27]. Покажем использование такого подхода на примере комплексного оценивания и формирования композитного индекса демографического регионального развития Украины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ РАЗВИТИЯ

Методика РЧР. Расчеты индекса регионального человеческого развития в соответствии с первой версией национальной методики проводились на протяжении 10 лет. Выявленные региональные проблемы, а также недостатки методологического подхода были детально проанализированы учеными Института демографии и социальных исследований им. М.В. Птухи НАН Украины. Вносился ряд замечаний, предложений по ее усовершенствованию [12, 14]. В результате произошло кардинальное обновление методики, изменилось все информационно-методическое обеспечение расчетов индексов [28].

В обновленной Методике РЧР изменена система первичных показателей: сократилось число показателей и блоков, соответствующих аспектам человеческого развития. Составляющие регионального развития объединены в шесть блоков: «Воспроизводство населения», «Социальное положение», «Комфортная жизнь», «Благосостояние», «Достойный труд», «Образование». Изменен алгоритм стандартизации показателей, вместо нормировки на размах, была введена калибровка на нормативные (целевые, или стандартные) значения показателей. Выбрана новая модель формирования композитного индекса. В первой версии национальной методики расчеты проводились на основе модели главных компонент, теперь же весовые коэффициенты индексов каждого из блоков определяются методом попарных сравнений с применением экспертных оценок [23, 28, с. 36]. Интегральный индекс представляет собой сумму отдельных индексов. На основе индексов блоков рассчитываются рейтинги областей по отдельным блокам. Заключительный этап — зонирование (визуализация результатов для

принятия решений) представлен в виде карт группировки регионов Украины по составляющим регионального развития и по интегральному показателю. Зоны соответствуют группам, сформированным по градациям индексов (высокий уровень, выше среднего, средний, ниже среднего, низкий).

В научной литературе был высказан ряд аргументов против традиционных моделей композитных индексов [18]. Основное замечание, относящееся к линейной агрегации переменных, состоит в том, что весовые коэффициенты индикаторов ошибочно трактуют как меру важности (или преимущества) одного индикатора по сравнению с другим. Линейная модель (5) и (6) предполагает взаимную компенсацию составляющих, а весовые коэффициенты являются мерой взаимозаменяемости индикаторов (составляющих процесса).

Алгоритм расчета коэффициентов модели композитного индекса устанавливает предпочтения объектов. По нашему мнению, расчет весовых коэффициентов с использованием МАИ, основанный на согласовании суждений экспертов, объективизирует оценки и рейтинги, однако при этом теряется исходная информация о реальных соотношениях составляющих региональных процессов. Кластерный подход к оценке дифференциации регионального развития дает информацию о взаимосвязанных изменениях различных составляющих. Этот подход, основанный на выделении классов регионов с однородными показателями, применялся при разработке типологии субъектов Российской Федерации [19], а также для оценки влияния комплексных факторов регионального развития на рождаемость населения Украины [29].

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНОГО СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Задачу оценивания регионального социально-демографического развития и формирования композитного индикатора можно рассматривать как задачу построения упорядоченной классификации [19, 25]. Основное предположение: в исходных данных существует структура (кластеры), обусловленная взаимосвязями показателей (индикаторов процесса). Особенности типологических кластеров определяются соотношением составляющих (индикаторов). После определения типологических кластеров их необходимо упорядочить, построив функцию предпочтения на основе выявленных альтернатив соотношений индикаторов в кластерах. При этом не отдается предпочтение каким-либо индикаторам (назначается вес), как это происходит при экспертном оценивании, а выявляются реально существующие альтернативы соотношений индикаторов в группах, и таким способом определяются «весовые коэффициенты». На примере расчета индекса воспроизводства населения по данным, представленным в действующей Национальной методике РЧР [28], рассмотрим основные этапы предложенной методики.

Этап I. Выбор и нормализация индикаторов. Нормализация показателей проводится по минимаксному методу:

$$x_{ji} = (X_{ji} - X_{\min, i}) / (X_{\max, i} - X_{\min, i}) \quad (7)$$

$$x_{ji} = (X_{\max, i} - X_{ji}) / (X_{\max, i} - X_{\min, i}) \quad (8)$$

где $j = 1, \dots, N$, N — число объектов; $i = 1, \dots, m$, m — количество показателей X_{ji} . Для показателей-стимуляторов применяется выражение (7), для дестимуляторов — (8). Показатель-дестимулятор — это показатель такой составляющей процесса, увеличение которой приводит к уменьшению результирующего процесса. После нормировки по минимаксному методу индикаторы изменяются в диапазоне от 0 до 1, а максимальное значение показателя-дестимулятора становится равным 0, а минимальное 1, для показателей-стимуляторов — наоборот. Таким образом, все индикаторы одинаково влияют на результирующий процесс.

Этап II. Выделение категорий, или определение оптимальной кластерной структуры (устойчивой группировки регионов).

Имеем N объектов — регионов $\{X_j\}_{j=1}^N$. В результате процедуры кластерного анализа, описанной в работе [29], получим оптимальное число (NC) кластеров $\{Y_k\}_{k=1}^{NC}$, каждый из которых имеет характерное соотношение средних значений показателей в кластере (координат кластерных центров). Эти соотношения выявляют имеющиеся диспропорции между индикаторами (составляющими процесса в регионах).

Этап III. Сортировка категорий, или же построение функции предпочтения:

$$f_{NC}(Y_k^{(NC)}) = k, \quad k = 1, \dots, NC \quad (9)$$

Функция предпочтения является монотонной функцией от номера объекта. Чем больше ее значение, тем лучше альтернатива (предпочтительнее соотношение индикаторов в комплексной оценке). Упорядочим кластеры $\{Y_k\}_{k=1}^{NC}$ по альтернативам соотношений координат кластерных центров так, чтобы функция предпочтения принимала значения упорядоченных номеров кластеров. Комбинаций (вариантов упорядочения) в общем случае может быть несколько. Предположим, что существует линейная функция предпочтения.

Этап IV. Аппроксимация функции предпочтения линейной регрессионной моделью:

$$\tilde{f}(X^{(k)}) = \sum_{i=1}^m \alpha_i x_i^{(k)} \quad (10)$$

Лучший по статистическим оценкам вариант регрессии (результат моделирования функции предпочтения) выбираем в качестве индекса I_j —

функции упорядоченных по номерам объектов. Полученную комплексную оценку — индекс можно нормировать в диапазон $[0, 1]$.

Этап V. Ранжирование. Расчет для каждого объекта значения композитного индекса I_j (индекса аспекта регионального развития) и ранжирование этой функции I_j — определение рейтинга регионов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ

Предложенная методика использовалась для расчета индекса регионального демографического развития. Для сравнения результатов разных подходов использовались исходные статистические данные за 2010 год из блока «Воспроизводство населения» Методики РЧР [28, с.30]. Расчеты проводились с применением статистического пакета STATISTICA 10.

В блок «Воспроизводство населения» включены демографические показатели, представляющие собой «критерии-индикаторы результативности развития — как собственно социально-экономического, так и человеческого» [28, с. 4]:

1) суммарный коэффициент рождаемости (TFR), характеризующий среднее число детей, которое рождается у одной женщины за детородный период, считается наиболее корректным индикатором уровня детородной активности и замещения поколений;

2) детская смертность (смертность детей в возрасте до пяти лет), ‰ (ChM) является общепризнанным показателем воздействий медико-демографического и социального благополучия в регионе и стране;

3) средняя ожидаемая продолжительность жизни при рождении, число лет (L); индикатор состояния здоровья, условий жизни и труда населения показывает число лет, которые проживет новорожденный при условии, если в течение жизни интенсивность смертности в каждой возрастной группе будет оставаться такой же, как в год рождения;

4) вероятность мужчин дожить от 20 до 65 лет — (Pm);

5) вероятность женщин дожить от 20 до 65 лет — (Pw).

Выбор последних двух показателей обусловлен тем, что в Украине наблюдается значительная диспропорция преждевременной смертности по полу.

Среди пяти индикаторов процесса воспроизводства населения дестимулятором является показатель детской смертности.

Нормирование индикаторов выполнялось по формулам (7), (8). Отметим, что показатель ожидаемой продолжительности жизни (L) коррелирует с показателями вероятностями дожития (Pm , Pw), а также детской смертностью (ChM). Соответствующие коэффициенты корреляции Спирмена равны: $R_{S1} = 0,898$, $R_{S2} = 0,927$, $R_{S3} = -0,445$ при $p < 0,05$.

Проводился кластерный анализ 25-ти областей Украины по пяти нормированным переменным. Применялись два метода: метод Уорда и k -средних (расстояние Евклида).

На рис. 1 представлена дендрограмма, полученная методом Уорда, где обозначены метки 4-х основных кластеров. Сравнение состава двух

разбиений, полученных разными методами, показало, что незначительное различие (индекс Ренда $R = 0,92$) касается принадлежности Киевской и Херсонской области к смежным кластерам. Приходим к выводу о подобии кластерной структуры, выделенной разными методами, что свидетельствует об обоснованности полученной классификации.

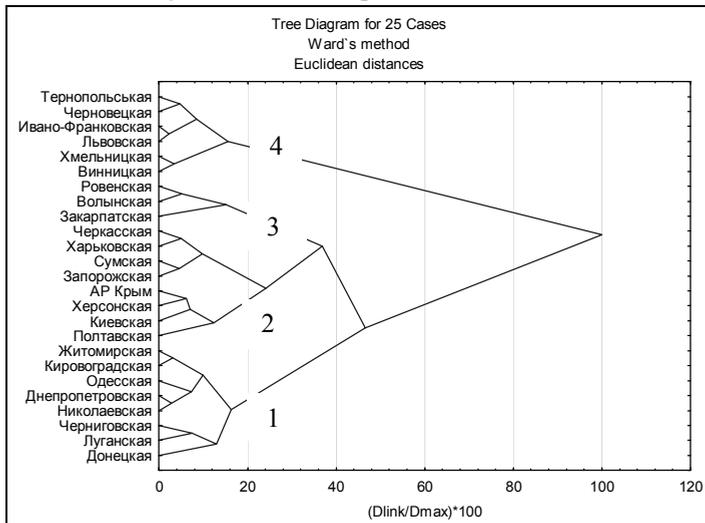


Рис. 1. Дендрограмма объединения регионов в кластеры по индикаторам воспроизводства населения (по методу Уорда)

В таблице 1 приведены средние значения показателей в 4-х кластерах (абсолютные, до нормировки), соответствующие координатам центров кластеров, номера кластеров как на рис. 1. Средние значения индикаторов в кластерах существенно отличаются. Охарактеризуем особенности каждого из кластеров, зависящие от соотношения демографических индикаторов.

В кластер 1 вошли восемь областей с наибольшей диспропорциональностью между индикаторами, а именно низкие уровни рождаемости, продолжительности жизни сочетаются с наибольшей детской смертностью и наибольшее различие по полу в вероятности дожития.

Кластер 2 (восемь областей) отличается от кластера 1 меньшей детской смертностью, большей продолжительностью жизни и вероятностью дожития для обоих полов, но значимо не отличается уровнем рождаемости.

Таблица 1

Средние значения показателей воспроизводства населения в кластерах

Кластеры	Число объектов	TFR	ChM	L	Pm	Pw
1	8	1,4	2,46	69,12	0,549	0,812
2	8	1,38	2,19	70,32	0,584	0,830
3	3	1,86	2,43	70,51	0,594	0,834
4	6	1,50	2,12	72,23	0,631	0,864

Особенность кластера 3 (Волынская, Ровенская, Закарпатская области) — наивысший уровень рождаемости в Украине и пропорциональная ей детская смертность.

Кластер 4 объединяет шесть областей Западного региона с такими особенностями индикаторов для Украины: наибольшая продолжительность жизни, наименьшая детская смертность, наименьшее различие между дожитием мужчин и женщин.

Таким образом, определены альтернативные соотношения демографических индикаторов, характерные для регионов Украины.

Упорядочим выделенные кластеры, построим функцию предпочтения кластеров по альтернативным соотношениям индикаторов. В нашем случае, когда нормировка переменных проводилась по минимаксному методу, функция суммарного вклада показывает преимущества кластеров.

На рис. 2 приведена диаграмма с накоплением, которая отображает вклад каждой переменной по категориям. Вертикальная ось — сумма вкладов нормированных индикаторов (средних значений в кластере). На горизонтальной оси категорий указаны номера кластеров, упорядоченные по возрастанию суммы вкладов индикаторов. Так наглядно можно представить функцию предпочтения кластеров, где кластер 1, кластер 2, кластер 3, кластер 4 упорядочены от «худшего» (кластер 1) к «лучшему» кластеру (кластер 4).

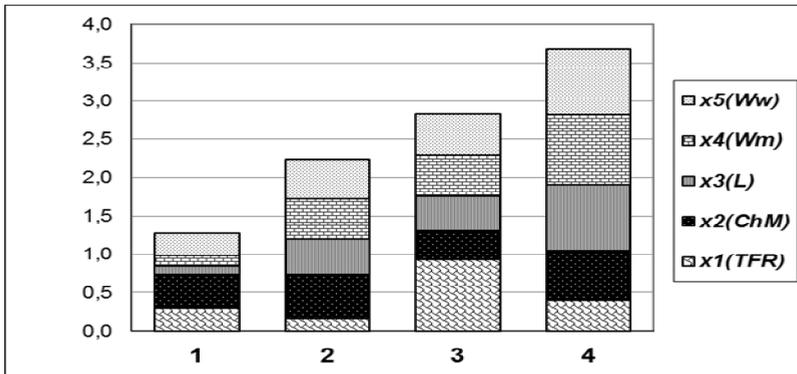


Рис. 2 Диаграмма суммарного вклада средних значений индикаторов в кластерах

Функцию предпочтения, соответствующую представленному на рис. 2 упорядочению кластеров, можно аппроксимировать линейной регрессией.

Для получения устойчивого результата применялась гребневая регрессия (ridge regression), так как некоторые независимые переменные являются высоко коррелированными, что уже отмечалось. При $\lambda = 0,1$ получен лучший статистический результат моделирования с высоким коэффициентом детерминации $R^2 = 0,96$, ($F(5,20) = 96,89$, $p = 0,00000$), другие результаты указаны в таблице 2. Таким образом, рассчитанный нами композитный индикатор имеет вид:

$$I = 1,12 x_1 + 0,61 x_2 + 1,16 x_3 + 1,17 x_4 + 0,92 x_5, \quad (11)$$

где переменные x_i — нормированные индикаторы в диапазоне $[0,1]$.

В таблице 2 представлены коэффициенты регрессионной модели (стандартизированные и обычные), а для сравнения — весовые коэффициенты интегрального индекса воспроизводства населения, полученные по методике РЧР [28].

Таблица 2.

Основные результаты линейной регрессии

Переменные	Весовые коэффициенты (Методика РЧР)	β	Ошибка β	b	Ошибка b	$t(20)$	p
$x_1 (TFR)$	0,1426	0,200	0,06	1,12	0,3	3,28	0,003*
$x_2 (ChM)$	0,1956	0,134	0,07	0,61	0,3	1,74	0,096
$x_3 (L)$	0,2834	0,234	0,10	1,16	0,5	2,17	0,041*
$x_4 (Wm)$	0,216	0,260	0,10	1,17	0,4	2,58	0,017*
$x_5 (Ww)$	0,1624	0,205	0,101	0,92	0,4	1,96	0,063

Как видно из таблицы 2, коэффициенты регрессионной модели β отличаются от весовых коэффициентов, полученных методом парных сравнений экспертных оценок. Согласно экспертным оценкам, наибольший «вес» получил индикатор «ожидаемая продолжительность жизни» [28, с.26]. Статистически значимыми переменными кластерной модели композитного индикатора являются переменные: Wm , L , TFR , а их относительные вклады в модель сопоставимы между собой.

Таким образом, получена комплексная оценка дифференциации демографического развития в виде упорядоченной классификации (кластерной модели), на основе которой определяются весовые коэффициенты композитного индикатора воспроизводства населения Украины.

Индекс воспроизводства населения для каждой области I_j рассчитывается по формуле (11). Рейтинг региона определяется на основе ранга функции I_j . Область, у которой наибольшее значение индекса, получает первое место в рейтинге, область с наименьшим индексом — последнее.

В таблице 3. представлены значения индекса (I) и рейтинга областей Украины, рассчитанные по предложенной модели (11), а также индекс и ранг областей для блока «Воспроизводство населения», полученные согласно методике РЧР.

Как можно заметить, совпадают первые и последние позиции рейтингов областей, рассчитанных по кластерной модели и по методике РЧР [28]. Различия в промежуточных позициях рейтингов некоторых областей, что вполне ожидаемо для разных подходов, можно объяснить другим методом нормирования показателей, выбором в качестве индикаторов коррелированных показателей, а также использованием для получения типологической группировки данных только за один год. Рейтинги, полученные по различным методикам формирования композитного индекса, показали относительную устойчивость.

Преимущество использования предлагаемой модели для определения индекса регионального демографического развития состоит в том, что индекс и рейтинг несут информацию о месте области в пределах типологического кластера, а также дают представление о тенденции перехода в другой кластер.

Таблица 3.

Индексы демографического развития и рейтинги регионов Украины

Области	Модель (11)			Методика РЧР [28]	
	Кластеры	<i>I</i>	рейтинг	индекс	ранг
Тернопольская	4	4,11	1	0,841	1
Черновицкая		4,02	2	0,829	3
Ивано-Франковская		3,76	3	0,806	9
Львовская		3,73	4	0,808	7
Хмельницкая		3,38	5	0,834	2
Винницкая		3,30	7	0,813	6
Ровенская	3	3,21	6	0,821	5
Закарпатская		2,74	8	0,794	11
Волынская		2,73	9	0,806	10
Черкасская	2	2,52	10	0,778	14
Харьковская		2,46	11	0,781	13
АР Крым		2,25	12	0,791	12
Полтавская		2,20	13	0,822	4
Сумская		1,84	14	0,763	18
Запорожская		1,82	15	0,757	21
Киевская		1,81	16	0,807	8
Херсонская		1,62	17	0,774	15
Житомирская		1,37	18	0,757	20
Одесская		1,24	19	0,764	17
Черниговская	1	1,16	20	0,768	16
Кировоградская		1,10	21	0,747	23
Луганская		1,09	22	0,744	24
Днепропетровская		1,02	23	0,752	22
Николаевская		0,94	24	0,758	19
Донецкая		0,38	25	0,711	25

Для получения обоснованных результатов существенно требование, чтобы расчеты кластерной типологической структуры проводились по статистическим данным за длительный период наблюдения.

Особенность предлагаемого подхода состоит в применении объективных, математически обоснованных критериев, по которым определяются типологические кластеры и ранжируются регионы.

Выводы

Разработанная методика комплексной оценки регионального социально-демографического развития позволяет рассчитывать композитный индекс воспроизводства населения по региональным статистическим данным Украины на основе многомерных статистических методов (кластерный, регрессионный анализ). Сравнение результатов, полученных с помощью разных подходов, показало, что преимущество применения кластерной модели состоит в формировании композитного индекса на основе математических критериев выявления типологической кластерной структуры, отражающей региональные диспропорции составляющих демографического процесса.

Предложенный подход к построению упорядоченной классификации региональных объектов целесообразно применять для создания

інформаційної технології, орієнтованої на підтримку процесу прийняття рішень при розробці програм регіонального розвитку.

1. Методика вимірювання людського розвитку регіонів України; затверджена Постановою Колегії Держкомстату України та Президії НАН України від 14.03.2001 р. № 76 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/od_polog/metod_doc/sp/sp_04.pdf.
2. Регіональна статистика. Статистичний збірник «Регіональний людський розвиток» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/Arhiv_u/15/Arch_rir_zb.htm
3. Лібанова Е.М. Людський розвиток в Україні: трансформація рівня життя та регіональні диспропорції / Інститут демографії та соціальних досліджень НАН України . — У 2-х томах. — К.: ІДСД ім. М. В. Птухи НАН України. — 2012. — 436С.
4. Porter M. E. Location, competition, and economic development: Local clusters in a global economy // *Economic Development Quarterly*. — 2000. — Vol. 14. — №1. — pp. 15–34.
5. Изард У. Методы регионального анализа: Введение в науку о регионах — М.: Прогресс, 1960. — 660 С.
6. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. 4-е изд. — М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2004. — 495 С.
7. Людський розвиток регіонів України: методика оцінки і сучасний стан / Лібанова Е.М., Власенко Н. С., Власюк О. С. та ін. — К.: 2002. — 110 С.
8. Герасимчук З.В., Регіональна політика соціально-орієнтованого розвитку економіки: теорія, методологія, практика — Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2011. — 260С.
9. Айвазян С.А. Интегральные индикаторы качества жизни населения: их построение и использование в социально-экономическом управлении и межрегиональных сопоставлениях — Рос. акад. наук, Центр. экон.-мат. ин-т. — М.: ЦЭМИ РАН, 2000. — 117 с.
10. Hagerty M. R., Land K. C. Constructing Summary Indices of Quality of Life A Model for the Effect of Heterogeneous Importance Weights // *Sociological Methods Research* — 2007. vol. 35. — № 4. — pp.455–496.
11. Шишкін В.С. Концептуальні та методологічні підходи до вивчення регіональних особливостей людського розвитку // *Статистика України*. — 2001. — № 1. — С. 30–38.
12. Макарова О.В., Гладун О.М. Регіональний індекс людського розвитку: причини та напрями удосконалення методики розрахунку // *Статистика України*. — 2012. — № 1. — С.10–15.
13. Григорук П.М., Ткаченко І.С. Методи побудови інтегрального показника // *Бізнес Інформ*. — 2012. — № 4. — С. 34–38.
14. Макоцьоба М.В. Інтегральна оцінка, рейтинг та кластеризація регіонів України за рівнем прогресу в людському розвитку // *Економіка и управление*. — 2012. — №4. — С. 144–151.
15. Огліх В.В, Єфанова Т.І. Регіональний простір: методичний підхід до оцінки внутрішньорегіональної диференціації // *Регіональна економіка*. — 2014. — № 4. — С. 40–47.
16. Composite Indicators Research Group — Режим доступу: <https://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/?q=content/overview>
17. Handbook on constructing composite indicators. Methodology and user guide OECD/JRC (2008) — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: — <http://www.oecd.org/std/42495745.pdf>
18. Freudenberg M. Composite indicators of country performance: a critical assessment, OECD — Paris. STI WORKING PAPER. — 2003. — №16. — 34 P. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.itu.int/osg/spu/ni/wsisbridges/linked_docs/Background_papers/otherdocs/OECD_WP_2003_16.pdf
19. Типология российских регионов / Б. Бутс, С. Дробышевский, О. Кочеткова и др. — К. — М.: Институт экономики переходного периода, CEPRA. — 2002. — 159С.

20. Игнатъева Е.Д., Мариев О.С. Методический подход к анализу устойчивости регионального развития с использованием самоорганизующихся карт // Экономика региона. — 2008. — №2. — С.116–129.
21. Saisana M., Saltelli A., Tarantola S. Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the analysis and validation of composite indicators // J Royal Statistical Society — 2005. — 168(2) — pp.307–323.
22. Ishizaka A, Nemery P. Multi-criteria decision analysis: methods and software. 1st ed. Chichester: Wiley, 2013. — 310 P.
23. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий — М.: Радио и Связь. — 1993. — 278С.
24. Миронова Н.А. Интеграция модификаций метода анализа иерархии для систем поддержки принятия групповых решений // Радіоелектроніка, інформатика, управління. — 2011. — №2. — С. 47–54.
25. Smet, Y.D., Nemery, P., Selvaraj, R.: An exact algorithm for the multicriteria ordered clustering problem // Omega. — 2012. — Vol. 40. — № 6. — pp.861–896.
26. Миркин Б.Г. Методы кластер анализа для поддержки принятия решений: обзор: препринт WP7/2011/03 Б.Г. Миркин; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2011. — 88 с.
27. Fernandez. E., Navarro J., Bernal S. Handling multicriteria preferences in cluster analysis // European Journal of Operational Research. — 2010. — Vol. 202. — № 3. — pp. 819–827.
28. Методика вимірювання регіонального людського розвитку. — К.: Ін-т демографії та соціальних досліджень НАН України, Державна служба статистики України, 2012. — 41 С. [Електрон. ресурс] — Режим доступу: <http://www.idss.org.ua/>
29. Кривова О.А., Курило И.А. Региональная типология естественного прироста населения Украины: кластерный подход // Кибернетика и вычислительная техника. — 2011. — Вып. 164. — С. 89–102.

UDC 004.9:314.303

COMPLEX ESTIMATION OF REGIONAL DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT

O.A. Krivova, L.M. Kozak

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine and Ministry of Education and Science of Ukraine (Kiev)

Introduction. Several studies are being conducted in the world to measure developmental disparities between countries, regions and territorial units. Composite indicators (or indexes) are used whenever a lot of variables are needed for evaluating developmental disparities between territories. Demographic variables are considered as important indicators of socio-economic development of regions. We show how cluster analysis can be combined with elements of multi-criteria decision analysis (MCDA) to construct composite index regional demographic development of Ukraine.

The purpose of this article is the development of regional socioeconomic systems analysis methodology and construction of composite indicators of regional demographic development.

Results. We have used 5 territorial social-demographic indicators: 1) total fertility rate; 2) death rate of children under age of five; 3) life expectation at birth;

4) survivorship probabilities for men from 20 to 65 years; 5) survivorship probabilities for women from 20 to 65 years. The following strategy can be pursued in order to construct composite index. First, a cluster analysis (algorithms Ward and K-means) for defining clusters of regions based on the value of the individual indicators is used. The result of the cluster analysis is typological clusters of the selected regions. Second, such as each cluster can be characterized with a centroid, these centroids must be ordered from best to worst. Weights of composite index are calculated as coefficients of the best linear regression model of preference function.

Conclusion. The composite index of regional demographic development allows to assess the degree of variance in regional demographic development and ranking of regions.

Keywords: clustering, a composite indicator, the index of regional demographic development, ordered classification.

1. Methods of measuring human development regions of Ukraine; Resolution adopted by the College of the State Statistics Committee of Ukraine and Presidium of NAS of Ukraine 14.03.2001 p. № 76 Available at: http://www.ukrstat.gov.ua/metodod_polog/metod_doc/sp/sp_04.pdf. (in Ukrainian).
2. Regional statistics. Statistical Yearbook Regional Human Development Available at: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/Arhiv_u/15/Arch_rir_zb.htm. (in Ukrainian).
3. Libanova E.M. Human development in Ukraine: transformation of the standard of living and regional disproportion — Kyiv: IDSS NANU — 2012. — 436 p. (in Ukrainian).
4. Porter M. E. Location, competition, and economic development: Local clusters in a global economy // *Economic Development Quarterly* — 2000. — vol. 14. — №1 — pp. 15–34.
5. Izard W. Methods of Regional Analysis: An Introduction to Regional Science. — M.: Progress — 1960. — 660 p. (in Russian).
6. Granberg A.G. Fundamentals of regional economy. 4th ed. — M.: GU HSE — 2004. — 495 p. (in Russian).
7. Libanova E.M. Human development of the regions of Ukraine: assessment methodology and current state — Kyiv. — 2002. — 110 p. (in Ukrainian).
8. Gerasymchuk Z.V. Regional policy of sustainable development: theory, methodology, practice — Lutsk: LNTU — 2011. — 260 p. (in Ukrainian).
9. Ayvazian S. A. Integrated indicators of the quality of life of the population: their construction and use in socio-economic governance interregional comparisons — M.: TsEMI RAN — 2000. — 117 p. (in Russian).
10. Hagerty. M.R., Land K.C. Constructing Summary Indices of Quality of Life A Model for the Effect of Heterogeneous Importance Weights // *Sociological Methods Research* — 2007. — vol. 35. — № 4. — pp.455–496.
11. Shishkin V.S. Conceptual and methodological approaches to regional disparities in human development // *Statistics of Ukraine* — 2001. — № 1. — pp. 30–38. (in Ukrainian).
12. Makarova, O.V., Hladun O.M. Regional Human Development Index: Causes and areas of improvement methods of calculation // *Statistics of Ukraine* — 2012. — № 1. — pp. 10–15. (in Ukrainian).
13. Grygoruk P.M., Tkachenko I.S. Methods of Integral Index Construction // *Business Inform* — 2012 — №4. — pp. 34–38. (in Ukrainian).
14. Makotsoba M.B. Integrated estimation, ranking and clustering regions of Ukraine in terms of progress in human development // *Economy and management* — 2012. — № 4. — pp. 144–151. (in Ukrainian).
15. Ohlikh V.V., Yefanova T.I. Regional space: methodical approach to the assessment of intraregional differentiation // *Regional economy* — 2014. — № 4. — pp. 40–47. (in Ukrainian).

16. Composite Indicators Research Group Available at: <https://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/?q=content/overview>
17. Handbook on constructing composite indicators. Methodology and user guide OECD/JRC. 2008 Available at: <http://www.oecd.org/std/42495745.pdf>
18. Freudenberg M. Composite indicators of country performance: a critical assessment — Paris: OECD, STI WORKING PAPER — 2003. — № 16. — 34 p.
https://www.itu.int/osg/spu/ni/wsisbridges/linked_docs/Background_papers/otherdocs/OECD_WP_2003_16.pdf
19. The typology of Russian regions/B. Boots, S. Drobyshevskiy, O. Kochetkova — M.: Gaidar institute for Economic Policy, CEPRA — 2002. — 159 p. (in Russian).
20. Ignatieva A., Maryev O. Methodical attitude to analyses of regional development stability on the basis of Kohonen's self-organizing maps//*Economy of region*, Institute of Economic — Yekaterinburg — 2008. — № 2. — pp. 116–129. (in Russian).
21. Saisana M., Saltelli A., Tarantola S. Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the analysis and validation of composite indicators//*Journal of the Royal Statistical Society* — Blackwell Publishing — 2005. — vol. 168. — № 2. — pp. 307–323.
22. Ishizaka A, Nemery P. Multi-criteria decision analysis: methods and software. 1st ed. — Chichester: Wiley — 2013. — 310 p.
23. Saaty T. Decision Making. The Analytic Hierarchy Process — M.: Radio Sviaz. — 1993. — 278 p. (in Russian).
24. Mironova N. O. Integration modifications of the analytical hierarchy process for group decision making support systems//*Radio Electronics, Computer Science, Control* — Zaporizhzhya, National Technical University — 2011. — № 2. — pp. 47–54. (in Russian).
25. Smet Y.D., Nemery P., Selvara R. An exact algorithm for the multicriteria ordered clustering problem//*Omega*. — 2012. — vol. 40. — № 6. — pp. 861–896.
26. Mirkin B. G. Methods of cluster analysis for support decision-making. Review. Preprint WP7/2011/ 03 Available at: http://www.hse.ru/data/2013/03/23/1303511006/WP7_2011_03f.pdf. (in Russian).
27. Fernandez. E., Navarro J., Bernal S. Handling multicriteria preferences in cluster analysis//*European Journal of Operational Research*. — 2010, — vol. 202, — №3, — pp. 819–827.
28. Methods of measuring human development regions of Ukraine — Kyiv: IDSS NANU, State Statistics Service of Ukraine. — 2012. — 41 p. Available at: <http://www.idss.org.ua/>
29. Krivova O.A., Kurilo I.A. The regional typology the natural growth of the population of Ukraine: Cluster approach//*Cybernetics and Computer Engineering* — 2011. — №. 164. — pp. 89–102. (in Russian).

Получено 01.06.2015