

И.С. КОНСТАНТИНОВ
А.В. ЗВЯГИНЦЕВА

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

INTEGRATED ASSESSMENT OF THE CONDITION OF URBANIZED AREAS

На основе использования статистической информации различных организаций выполнена оценка состояния урбанизированных территорий по комплексу индикативных показателей. С этой целью предложен метод комплексной оценки, основанный на представлении состояний объектов через совокупность значений показателей и совместные события их одновременного наблюдения, а также на установлении эмпирических распределений таких событий. Применение метода позволило предложить расчетные зависимости для ранжирования объектов. На конкретных примерах показано, что на основе предложенного метода возможна сравнительная оценка урбанизированных территорий. Полученные результаты могут использоваться при формировании целей и разработке мероприятий по обеспечению сбалансированного развития городской инфраструктуры, а также при разработке градостроительных программ и принятии управленческих решений в области экологической безопасности городского хозяйства.

Ключевые слова: комплексная оценка, градостроительство, многопараметрическое ранжирование, урбанизированные территории, статистические данные, индикативные показатели, совместные события и их вероятности, состояние городских территорий.

Комплексная оценка состояния урбанизированных территорий представляет собой трудоемкую процедуру из-за наличия большого количества показателей, отражающих различные аспекты развития [1, 2]. Существует множество индексов для оценки развития стран, регионов и городов, экологической безопасности территорий и т. д. Обычно методики расчета интегральных индексов основываются на экспертных методах [3].

Целью данной статьи является комплексная оценка урбанизированных территорий на основе анализа совместных событий наблюдения показателей состояния городской среды.

Данное направление в комплексной оценке имеет большое значение, так как дает возможность предложить объективные методы исследования урбанизированных систем многомерной размерности.

Based on the use of statistical information from various organizations, an assessment of the state of the urbanized territories has been performed on a set of indicative indicators. To this aim, a method of complex estimation based on the representation of states of objects through a combination of values of indicators and joint events of their simultaneous observation, as well as on the establishment of empirical distributions of such events was proposed. The application of the method allowed to propose calculated dependencies for the ranking of objects. Specific examples show that based on the proposed method, a comparative assessment of urban areas is possible. The obtained results can be used in the formation of goals and the development of measures to ensure a balanced development of urban infrastructure, as well as in the development of urban development programs and management decisions in the field of environmental safety of urban economy.

Keywords: integrated assessment, urban planning, multiparametric ranking, urbanized territories, statistical data, indicative indicators, joint events and their probabilities, state of urban areas

Существующая методология комплексной оценки

При определении индексов городов рассматриваются несколько аспектов (компонентов) их развития, для чего выделяются группы показателей. Например, фирмой Economist Intelligence Unit совместно с корпорацией Siemens разработана экспертная методология комплексной оценки городов. В процессе оценок рассматриваются восемь аспектов развития, для чего выделяются группы показателей: выбросы парниковых газов; потребление энергии; городское хозяйство; транспорт; водопользование; отходы и землепользование; качество воздуха; экологическое управление. Чтобы сравнивать данные, все показатели нормируют по шкале от 0 до 10 в безразмерном виде. Общий индекс построен как количественная сумма всех групп с учетом задания весов [4].

В урбанистике известны также аналогичные экспертные оценки международных организаций Mercer Human Resource Consulting и The Blacksmith Institute [5]. Подобным образом строятся и другие индексы оценки состояния городов [6–9].

Например, в экологической безопасности городов применяют индекс загрязнения атмосферы, индекс пороговой массы опасных веществ, суммарный индекс опасности отдельных компонентов, загрязняющих ту или иную биогеохимическую среду (водную, воздушную и грунты) и т. д.

Индексы для оценки угроз определяются по простым соотношениям:

$$I = \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot I_i, \quad (1)$$

где I_i – индикаторы в виде нормируемых значений показателей; α_i – весовые коэффициенты.

На основе использования зависимости (1) проводят сравнительный анализ природно-техногенной опасности различных урбанизированных территорий.

В нормативно-методическом документе [6] используется комплексный индекс загрязнения атмосферы, интегральный показатель уровня экологической опасности почв города, показатели состояния растительности и орнитофауны на территории города. Суммарная комплексная оценка проводится по зависимости (1) для каждого из перечисленных компонентов с учетом задания весовых коэффициентов.

В свою очередь, в методике [7] в области изменения среды обитания и состояния здоровья человека на определенной территории применяют показатели в пяти аспектах состояния территорий и экологической обстановки: медико-демографические критерии состояния здоровья населения; загрязнение воздуха селитебных территорий; загрязнение питьевой воды и водоисточников; загрязнение почв селитебных территорий и радиационное загрязнение. В области оценки изменения природной среды в соответствии с методикой используют показатели в девяти аспектах состояния территорий и экологической обстановки: загрязнение воздушной среды; загрязнение водных объектов, истощение ресурсов вод и деградация водных экосистем; загрязнение и деградация почв; изменение геологической среды; деградация наземных экосистем; растительный мир; животный мир; биогеохимическая оценка территорий. На основе сравнения показателей с критериями оценки экологической обстановки территорий определяется уровень и степень опасности того или иного события или процесса. Похожим образом, но с учетом специфических особенностей экспертных методик, построены другие индексы для оценки загрязнения атмосферного воздуха: КИЗА, AQI, AQNI, CAQI, АТМО, ВЕЛАТМО, АРІ, Z, Q, НІ, Н и т. д. [8, 9].

При оценке загрязнения поверхностных вод часто используется индекс загрязнения воды:

$$I_{зв} = \frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (2)$$

где C_i – концентрация азота аммонийного, азота нитритного, нефтепродуктов, фенолов, растворенного кислорода, а также $БПК_s$; $ПДК_i$ – предельно-допустимые концентрации содержания загрязняющих веществ в воде. Существуют также и другие индексы для оценки загрязнения поверхностных и подземных вод: индекс качества воды; формализованный суммарный показатель химического загрязнения (ПХЗ – 10); интегральный показатель, учитывающий способность загрязняющих веществ накапливаться в донных отложениях (КДА), и др.

В свою очередь, при загрязнении почв используется индекс опасности вида (2), при этом оценивается уровень загрязнения почв химическими веществами: кобальтом, марганцем, медью, нитратами, сульфатами, ртутью, свинцом, фосфором, хромом, цинком, пестицидами и т. д. Часто данный индекс называют суммарным показателем химического загрязнения почв (Z_c).

Как показал анализ используемых методов, в области комплексной оценки существует целый ряд нерешенных проблем:

- существующие методы комплексной оценки применяют методологию экспертных подходов и не учитывают закономерности анализируемых систем;
- множество интегральных индексов не адаптированы к имеющимся статистическим данным наблюдений;
- используемые модели построены «по соглашению», основаны на частных и узких гипотезах и не могут служить фундаментом для формально строгих теорий;
- расчетные уравнения для индексов обладают слабой устойчивостью к изменениям данных и отличаются сильной зависимостью показателей.

Сегодня для создания адекватных моделей комплексной оценки многомерных систем необходима разработка шкал измерения совокупности значений показателей, которые бы не являлись в своей основе субъективными. Пока в глобалистике, урбанистике и экологии подобных систем количественной оценки не существует.

Методика комплексной оценки на основе анализа событий

Методика комплексной оценки состояния территорий основывалась на вероятностном анализе совместных событий одновременного наблюдения нескольких показателей, характеризующих объекты [2, 10 – 13]. Вероятности этих событий w оценивались алгоритмически, алгоритмы сортировки, группировки и подсчета частот событий для многомерных случаев, а также скрипты определения их апостериорных вероятностей приведены в работах [1, 2]. Такой подход позволяет построить уравнения состоя-

ний объектов в виде эмпирических распределений для совместных событий, которые представляются в виде:

$$w = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Prob} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt;$$

$$Prob = c_0 + s;$$

$$s = \sum_{k=1}^n c_k \cdot \ln \frac{Pk}{Pk_0},$$
(3)

где w – вероятность совместного события наблюдения значений показателей p_1, p_2, \dots, p_n , оцененная по данным; $Prob$ – инверсная функция стандартного нормального распределения; c_k – коэффициенты регрессии; s – энтропия состояния объектов; Pk_0 – опорные значения показателей Pk в группе объектов.

Если при обработке данных могут быть получены зависимости (3) хорошего качества, то в многомерном пространстве состояний объектов существует уравнение состояния, геометрически представляемое характеристической поверхностью. На каждой такой поверхности могут быть заданы естественные криволинейные координаты. Так как состояния всех объектов будут принадлежать (лежать вблизи) этой поверхности, то можно провести их ранжирование относительно этих координат. Поле направлений, отражающее тенденции в развитии всей группы объектов, будет определяться линиями энтропии (3). Ортогональные им поверхности будут формировать координатные линии в виде потенциала [2, 10–13]:

$$P = \frac{p_1^2 - p_{10}^2}{c_1 p_{10}^2} + \frac{p_2^2 - p_{20}^2}{c_2 p_{20}^2} + \dots + \frac{p_n^2 - p_{n0}^2}{c_n p_{n0}^2}. \quad (4)$$

Потенциал является функцией состояния и принят в качестве критерия комплексной оценки состояния объектов. Качество полученных зависимостей определяется по степени соответствия расчетных и опытных данных. Для этого оцениваются значения коэффициентов корреляции, значимость уравнений по критерию Фишера и проводится анализ адекватности моделей по остаткам. Более подробно теоретические положения метода сформулированы в работах [2, 10–13].

Прикладные задачи комплексной оценки урбанизированных территорий

Для построения уравнений состояний объектов использована методика оценки вероятностей совместных событий, кратко описанная выше.

Пример 1. Оценка опасности загрязнения атмосферного воздуха городов

В работе использованы данные наблюдений Росгидромета о загрязнении воздуха в наиболее крупных городах России (35 городов) [14, 15]. Опасность загрязнения оценивалась путем сравнения уровня загрязнения воздуха с действующими санитарно-гигиеническими нормами для четырех наиболее распространенных загрязняющих веществ: пыли, диоксида серы, оксида углерода и диоксида азота. Соответственно были введены показатели загрязнения p_1, p_2, p_3, p_4 в виде концентраций этих веществ. В качестве безопасного (опорного) состояния принято состояние условного объекта, показатели загрязнения воздуха для которого равны предельно допустимым концентрациям вредных веществ: для пыли $p_{10} = 0,15$ мг/м³; для диоксида серы $p_{20} = 0,05$ мг/м³; для оксида углерода $p_{30} = 3,0$ мг/м³; для диоксида азота $p_{40} = 0,04$ мг/м³.

Для городов России получена регрессионная зависимость вероятности совместных событий w от энтропии состояния объектов:

$$Prob = -0,2501 + s;$$

$$s = 0,3001 \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_{10}}\right) + 0,2038 \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_{20}}\right) +$$

$$+ 0,3358 \cdot \ln\left(\frac{p_3}{p_{30}}\right) + 0,6206 \cdot \ln\left(\frac{p_4}{p_{40}}\right). \quad (5)$$

Коэффициент корреляции зависимости (5) составил 0,89, результаты обработки данных приведены на рис. 1. Согласно (3) – (4) определены энтропия и потенциал состояния для каждого города России. Результаты ранжирования объектов по данным наблюдений в 2007 г. приведены в табл. 1.

Предложенный метод позволяет оценить уровень риска загрязнения воздуха в многомерном пространстве показателей по отношению к объекту, у которого наблюдается безопасный уровень загрязнения атмосферного воздуха, регламентируемый действующими нормами.

Установлено, что уровень загрязнения атмосферного воздуха, определенный по методике расчета комплексного индекса загрязнения атмосферы [8], достаточно тесно связан с потенциалом состояния P , рассчитанным по данному методу.

К первым пяти крупным городам России, имевшим в 2007 г. самый высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, относятся: Воронеж, Хабаровск, Иркутск, Новосибирск и Тюмень.

Пример 2. Оценка городов по показателям благоустройства

Анализ информации о благоустройстве городских территорий основывался на данных Федеральной службы государственной статистики [17]. Информация о состоянии жилищного фонда, зеленых

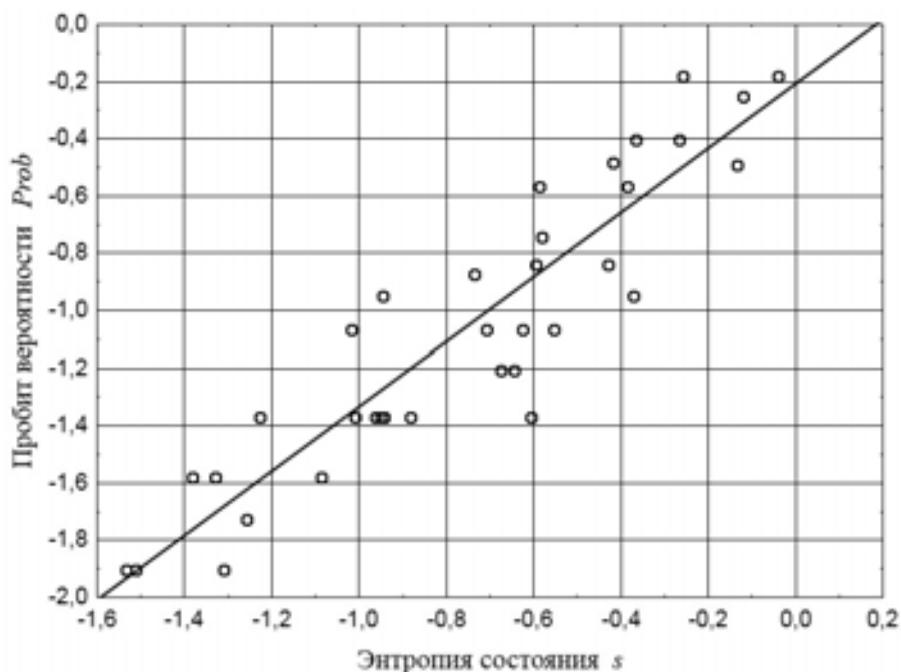


Рис. 1. Зависимость вероятности w от энтропии состояния s для событий, характеризующих загрязнение атмосферного воздуха крупных городов России

Таблица 1

Значения потенциала P и рейтинги крупных городов России, связанные с уровнем загрязнения атмосферы

Город	Потенциал состояния P	Ранг города	Город	Потенциал состояния P	Ранг города
Астрахань	-9,69	29	Новосибирск	-2,52	4
Барнаул	-3,61	9	Омск	-9,82	31
Владивосток	-3,76	11	Оренбург	-5,74	16
Волгоград	-6,65	20	Пенза	-9,78	30
Воронеж	14,05	1	Пермь	-9,34	27
Екатеринбург	-5,84	17	Ростов-на-Дону	-3,50	7
Ижевск	-10,32	33	Рязань	-8,54	24
Иркутск	-1,75	3	Самара	-9,56	28
Казань	-3,72	10	Санкт-Петербург	-4,39	13
Кемерово	-8,94	25	Саратов	-6,26	18
Киров	-10,21	32	Тольятти	-7,82	22
Краснодар	-3,60	8	Тула	-12,09	35
Красноярск	-4,84	14	Тюмень	-2,79	5
Липецк	-9,00	26	Ульяновск	-4,87	15
Москва	-4,27	12	Уфа	-6,27	19
Нижний Новгород	-7,13	21	Хабаровск	0,67	2
Новокузнецк	-2,83	6	Челябинск	-7,83	23

зон, благоустройстве улиц и т. д. содержала данные для 79 регионов Российской Федерации.

В качестве основных показателей для оценки благоустройства городских территорий были приняты:

- относительная площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя в городских поселениях, p_1 ;
- доля общей площади зеленых массивов и насаждений в общей площади городских земель, p_2 ;
- доля замощенных частей улиц в их общей протяженности, p_3 ;
- доля освещенных частей улиц в их общей протяженности, p_4 .

С целью проведения комплексной оценки рассматривалось совместное событие наблюдения указанных выше показателей, для которого алгоритмически по имеющимся данным определялась статистическая вероятность событий w . В результате установления связей вероятности данного события w со значениями показателей p_1, p_2, p_3, p_4 получены распределения вида (3), характеризующие состояние благоустройства городских территорий:

$$\begin{aligned} Pr ob &= 1,299 + s; \\ s &= 2,669 \cdot \ln p_1 + 0,757 \cdot \ln p_2 + 0,940 \cdot \ln p_3 + 0,400 \cdot \ln p_4. \end{aligned} \quad (6)$$

Коэффициент множественной корреляции зависимости (6) составил 0,92. Для примера результаты обработки данных для 2015 г. приведены на рис. 2. Из рисунка видна общая тенденция благоустройства городских территорий, которая описывается распределениями вида (6).

Ранги регионов России по показателям благоустройства городских территорий определены на основе оценки потенциала состояния объектов (табл. 2). Ранги устанавливались по убыванию значения потенциала, рассчитанного согласно зависимости (4) по отношению к максимально наблюдаемым показателям благоустройства территорий: $p_1 = 33,3 \text{ м}^2/\text{чел.}$; $p_2, p_3, p_4 = 100 \%$.

Как видно из таблицы, к первым пяти регионам, имевшим в 2015 г. самый высокий уровень благоустройства городских территорий, относятся Москва, Санкт-Петербург, Белгородская и Нижегородская области и Республика Татарстан.

Таблица 2

Значения показателя P и ранги регионов России, связанные с уровнем благоустройства городских территорий в 2015 г.

Регион	Потенциал P	Ранг	Регион	Потенциал P	Ранг
1	2	3	4	5	6
Белгородская область	-1,828	3	Ставропольский край	-2,606	14
Брянская область	-2,899	28	Республика Башкортостан	-2,642	18
Владимирская область	-2,606	15	Республика Марий Эл	-3,407	50
Воронежская область	-3,036	32	Республика Мордовия	-3,038	33
Ивановская область	-3,507	52	Республика Татарстан	-2,216	5
Калужская область	-2,317	6	Удмуртская Республика	-3,121	35
Костромская область	-3,197	38	Чувашская Республика	-2,380	9
Курская область	-2,395	11	Пермский край	-3,566	54
Липецкая область	-2,331	8	Кировская область	-3,373	49
Московская область	-2,611	16	Нижегородская область	-2,199	4
Орловская область	-2,679	19	Оренбургская область	-3,808	62
Рязанская область	-3,233	41	Пензенская область	-2,877	26
Смоленская область	-2,899	29	Самарская область	-2,733	21
Тамбовская область	-2,861	25	Саратовская область	-3,515	53
Тверская область	-2,749	22	Ульяновская область	-3,266	42
Тульская область	-2,475	12	Курганская область	-3,672	58
Ярославская область	-2,382	10	Свердловская область	-3,167	37
Город Москва	-1,387	1	Тюменская область	-2,626	17
Республика Карелия	-2,322	7	Челябинская область	-3,314	45
Республика Коми	-2,754	23	Республика Алтай	-2,819	24
Архангельская область	-2,710	20	Республика Бурятия	-4,270	75

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
Вологодская область	-2,885	27	Республика Тыва	-3,996	67
Калининградская область	-2,476	13	Республика Хакасия	-4,033	68
Ленинградская область	-3,198	39	Алтайский край	-3,969	66
Мурманская область	-3,016	30	Забайкальский край	-4,684	78
Новгородская область	-3,017	31	Красноярский край	-3,723	59
Псковская область	-3,316	47	Иркутская область	-3,829	63
Город Санкт-Петербург	-1,480	2	Кемеровская область	-4,054	69
Республика Адыгея	-3,200	40	Новосибирская область	-3,944	65
Республика Калмыкия	-3,943	64	Омская область	-4,061	70
Краснодарский край	-3,156	36	Томская область	-3,280	44
Астраханская область	-3,054	34	Республика Саха (Якутия)	-4,062	71
Волгоградская область	-3,736	61	Камчатский край	-3,620	56
Ростовская область	-3,589	55	Приморский край	-4,140	72
Республика Дагестан	-3,644	57	Хабаровский край	-3,489	51
Республика Ингушетия	-4,935	79	Амурская область	-4,255	74
Магаданская область	-3,731	60	Сахалинская область	-3,269	43

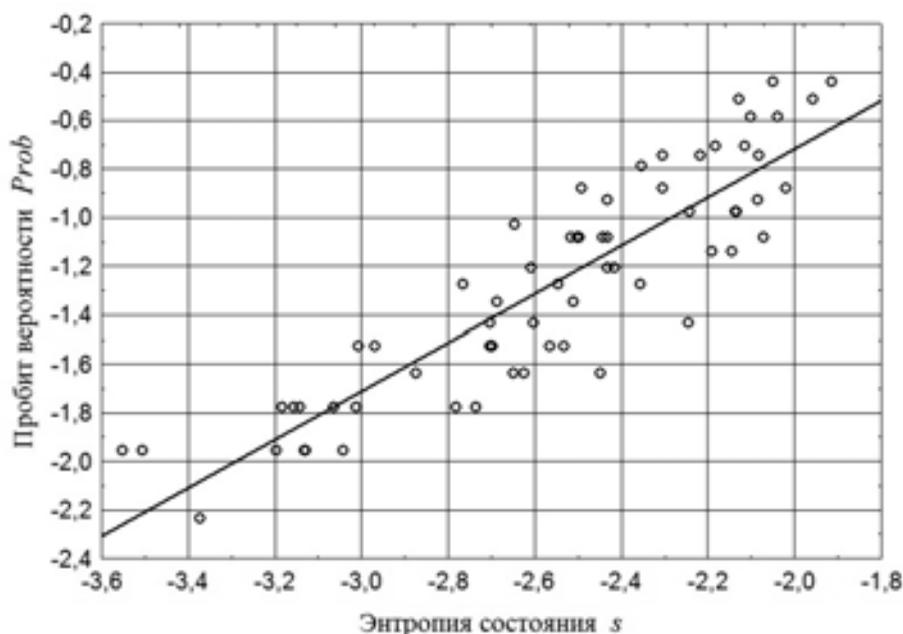


Рис. 2. Зависимость вероятности w от энтропии состояния s для событий, характеризующих благоустройство городских территорий в 2015 г.

Пример 3. Оценка стран по экологическим показателям

Теперь проиллюстрируем предложенный метод комплексной оценки на примере сравнения стран Европы по экологическим показателям урбанизированных территорий. В качестве показателей для оценки развития стран использовались: суммарные выбросы парниковых газов на душу населения p_1 , т CO_2 -экв./чел.; доля охраняемых территорий

в общей площади земель p_2 , %; доля сельскохозяйственных земель в общей площади всех земель p_3 , %. Для решения задачи воспользуемся базами данных [17]. Оценка осуществлялась относительно средних значений показателей по отношению к условно принятой опорной точке. В качестве опорного значения показателя выбросов парниковых газов на душу населения p_1 принято его среднее значение по странам Европы, равное $p_{10} = 8,8$ т CO_2 -экв./чел. Аналогичным

образом принято опорное значение по охраняемым территориям $p_{20} = 10,9\%$ и доля сельскохозяйственных земель в общей площади $p_{30} = 48,8\%$. В результате вычислений для вероятностей событий получена регрессионная зависимость следующего вида:

$$\ln(w) = -1,804 + s;$$

$$s = 0,466 \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_{10}}\right) + 0,495 \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_{20}}\right) + 1,041 \cdot \ln\left(\frac{p_3}{p_{30}}\right). \quad (7)$$

Коэффициент корреляции зависимости (7) составил 0,91, результаты обработки данных приведены на рис. 3.

Ранги стран по экологическому состоянию устанавливались по возрастанию степени воздействия стран на окружающую природную среду (табл. 3).

Таким образом, с учетом вероятностного анализа совместных событий, связанных с наблюдением трех-четырех основных показателей, можно проводить взаимное сравнение по определенным аспектам различных урбанизированных территорий. При этом важным является то, что принятые показатели могут быть разной природы, так как в итоге рассматриваются события наблюдения этих показателей.

Таблица 3

Значения потенциала P и ранги стран Европы относительно средних значений экологических показателей

Страна	Потенциал P	Ранг	Страна	Потенциал P	Ранг
Лихтенштейн	25,15	1	Украина	-0,80	27
Люксембург	22,64	2	Туркменистан	-0,99	28
Эстония	18,23	3	Латвия	-1,01	29
Германия	15,28	4	Словения	-1,17	30
Австрия	12,29	5	Исландия	-1,24	31
Польша	11,34	6	Литва	-1,41	32
Швейцария	10,88	7	Кипр	-1,52	33
Словакия	8,79	8	Румыния	-1,68	34
Монако	6,24	9	Швеция	-2,01	35
Чехия	6,09	10	Беларусь	-2,11	36
Великобритания	5,89	11	Португалия	-2,21	37
Нидерланды	4,62	12	Азербайджан	-2,26	38
Ирландия	4,23	13	Хорватия	-2,30	39
Финляндия	2,65	14	Македония	-2,32	40
Дания	2,07	15	Армения	-2,36	41
Россия	1,90	16	Молдова	-2,37	42
Казахстан	1,60	17	Узбекистан	-2,44	43
Бельгия	1,51	18	Мальта	-2,91	44
Италия	1,38	19	Андорра	-3,02	45
Греция	0,97	20	Турция	-3,22	46
Таджикистан	0,88	21	Сербия и Черногория	-3,26	47
Франция	0,81	22	Кыргызстан	-3,56	48
Испания	0,04	23	Грузия	-4,01	49
Венгрия	-0,20	24	Албания	-4,01	50
Болгария	-0,56	25	Босния и Герцеговина	-4,25	51
Норвегия	-0,77	26	Сан-Марино	-5,01	52

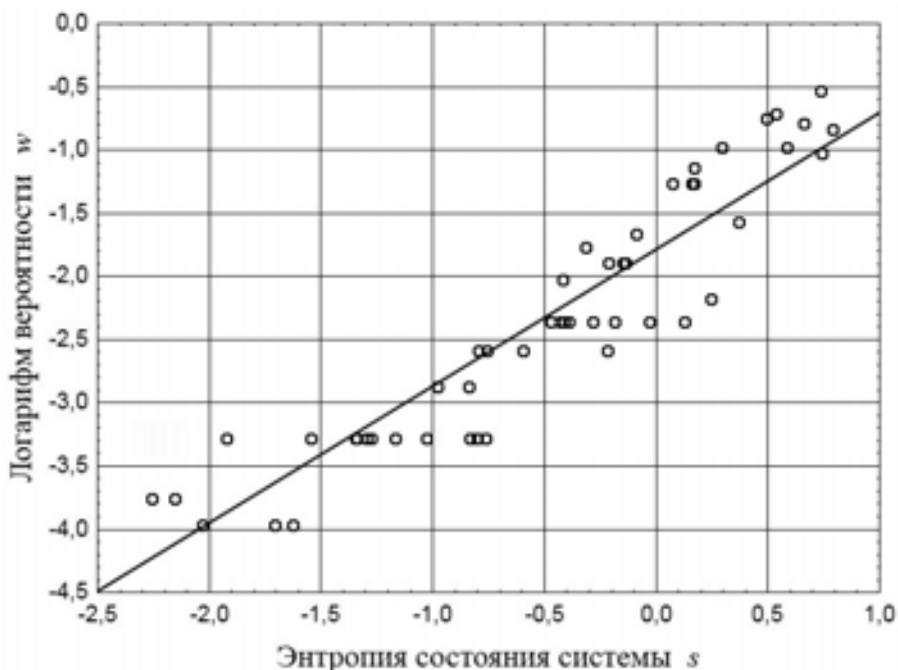


Рис. 3. Зависимость вероятности w от энтропии s для событий, характеризующих экологическое состояние стран Европы

Выводы. Полученные результаты позволяют предложить метод комплексной оценки урбанизированных территорий на основе нахождения эмпирических распределений вероятностей совместных событий. Это позволяет ранжировать города и урбанизированные территории в многомерном пространстве показателей по отношению ко всей группе изучаемых объектов. Особенностью данного метода является применение алгоритмического подхода при определении вероятностей и отказ от использования экспертных методов и зависимостей. В отличие от традиционных методов, оценка основывается на учете статистических закономерностей, характерных для группы объектов в многомерных пространствах показателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аверин Г.В. Системодинамика. Донецк: Донбасс, 2014. 405.
2. Звягинцева А.В. Вероятностные методы комплексной оценки природно-антропогенных систем. М.: Спектр, 2016. 257 с.
3. Яйли Е.А. Научные и прикладные аспекты управления урбанизированными территориями на основе инструмента риска и новых показателей качества окружающей среды / под ред. Л.Н. Карлина. СПб.: РГТМУ, ВВМ, 2006. 448 с.
4. European Green City Index. Assessing the environmental impact of Europe's major cities. A research project conducted by the Economist Intelligence Unit, sponsored by Siemens. Munich, Germany: Siemens AG, 2009, 100 p. – Available at: www.siemens.com/greencityindex (accessed 9 February 2018).
5. Mercer Human resort Consulting. – Available at: <http://www.mercerhr.com/> (accessed 15 February 2018).
6. Временные методические указания по проведению комплексной экологической оценки состояния атмосферного воздуха большого города / под ред. В.Б. Миляева. М.: Минприроды России, НИИ Атмосфера. 1995 [Электронный ресурс] URL: <http://www.bestpravo.ru/rossijskoje/jl-normy/w8v.htm> (дата обращения: 03.02.2018).
7. Методика «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М.: МПР РФ, 1992. [Электронный ресурс] URL: http://businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_10592.html (дата обращения: 03.02.2018).
8. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М.: Гос. ком. СССР по гидрометеорологии – Минздрав СССР, 1991. 691 с.
9. Звягинцева А.В. Системы оценки опасности и риска при загрязнении атмосферного воздуха: попытка обобщения подходов // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. 2014. №1 (6)–2(7). С. 131–163.
10. Звягинцева А.В. Событийная оценка состояния городов России по комплексу социально-экономических показателей // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Экономика. Информатика. 2017. №9 (258), вып. 42. С. 122–132.
11. Звягинцева А.В., Аверин Г.В., Хоруженко А.С. Комплексная оценка состояния и развития городов

на основе определения вероятностей характерных событий // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. №3 (15). С. 18–29.

12. Звягинцева А.В., Иващук О.А., Пилипенко О.В. Изучение тенденций развития городов России на основе методов событийной оценки // Строительство и реконструкция. 2017. №6 (74). С. 85–94.

13. Звягинцева А.В., Константинов И.С. Модели эволюционного развития регионов на основе показателей благоустройства городских территорий // Информационные системы и технологии. 2017. №6 (104). С. 40–50.

14. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2013 г. СПб.: ООО РИФ «Д'Арт», 2014. 231 с.

15. Качество воздуха в крупнейших городах России за 10 лет 1998-2007 гг.: аналитический обзор. СПб., 2009. 134 с.

16. Жилищное хозяйство в России: стат. сб. М.: Росстат, 2016. 63 с. [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138887300516 (дата обращения: 15.02.2018).

17. Защита окружающей среды Европы – Четвертая оценка. Европейское агентство по окружающей среде, Копенгаген. Дания: Schultz Grafisk, 2007. 452 с.

Об авторах:

КОНСТАНТИНОВ Игорь Сергеевич

доктор технических наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности Белгородский государственный национальный исследовательский университет
308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85
Email: konstantinov@bsu.edu.ru

KONSTANTINOV Igor S.

Doctor of Engineering Science, Professor, Vice-Rector for Research and Innovative Activity
Belgorod State National Research University
308015, Russia, Belgorod, Pobedy str., 85
Email: konstantinov@bsu.edu.ru

ЗВЯГИНЦЕВА Анна Викторовна

кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории прикладного системного анализа и информационных технологий
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85
Email: zviagintseva@bsu.edu.ru, anna_zv@ukr.net

ZVYAGINTSEVA Anna V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor, Senior Researcher of the Research Laboratory of Applied Systems Analysis and Information Technologies
Belgorod State National Research University
308015, Russia, Belgorod, Pobedy str., 85
Email: zviagintseva@bsu.edu.ru, anna_zv@ukr.net

Для цитирования: Константинов И.С., Звягинцева А.В. Комплексная оценка состояния урбанизированных территорий // Градостроительство и архитектура. 2018. Т.8, №1. С.63-71. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.12.
For citation: Konstantinov I.S., Zvyagintseva A.V. Integrated assessment of the condition of urbanized areas // Urban construction and architecture. 2018. V.8, 1. Pp. 63-71. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.12.