

СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ БЛАГ В SMART-УРБАНИСТИКЕ

Кандидат техн. наук, доцент **Колесов В.И.**,
кандидат техн. наук, доцент **Шевелева Н.П.**
(Тюменский индустриальный университет. ТИУ)

WELL-CREATING SYSTEMS IN SMART URBANISM

V.I. Kolesov, Ph.D. (Tech.), Associate Professor,
N.P. Sheveleva, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(Industrial University of Tyumen. TIU)

Аннотация. Статья ориентирована на синтез эффективных систем создания благ в рамках концепции Smart-урбанистики. Одной из основных задач smart-урбанистики является повышение качества услуг, и, прежде всего, транспортных услуг, оказываемых населению. На основе базовых законов; первого закона диалектики и закона обобщённого S-сечения установлена взаимосвязь функциональных и структурных свойств открытых неравновесных систем создания благ. Выполнена идентификация моделей: диаграммы Парето; функции общей полезности; структурной энтропии и уровня организованности системы создания материальных и нематериальных благ. На основе моделирования выявлен вклад компонентов анализируемой системы в общий показатель качества транспортных услуг и значимость направлений работы по его повышению.

Abstract. The article is focused on the synthesis of effective systems for creating goods within the framework of the concept of Smart-urbanism. One of the main tasks of smart-urbanism is to improve the quality of services, and, above all, transport services provided to the population. Based on basic laws; the first law of dialectics and the law of the generalized S-section established the relationship between the functional and structural properties of open nonequilibrium systems for creating goods. Identification of models is performed: Pareto diagrams; general utility functions; structural entropy and the level of organization of the system for creating material and intangible benefits. On the basis of modeling, the contribution of the components of the analyzed system to the overall indicator of the quality of transport services and the importance of areas of work to improve it are revealed.

Ключевые слова: Smart-урбанистика; F-технологии, сложные системы создания благ, диаграмма Парето, функция общей полезности, организованность, эталонные системы.

Keywords: Smart-urbanism; F-technologies, complex systems of creating goods, Pareto diagram, general utility function, organization, reference systems.

Введение

Одной из ключевых задач современной урбанистики является оказание услуг населению. Значительную их долю (до 20%) составляют транспортные услуги, направленные, прежде всего, на обеспечение мобильности городского населения.

Любые системы оказания услуг по своей сути относятся к классу систем создания благ (ССБ). При этом следует выделить подкласс систем, назначение которых – повышение качества услуг. Очевидным примером является система обеспечения безопасности дорожного движения (когда безопасность рассматривается как ключевое качество городской мобильности). Возникает логичный вопрос: относится ли такая система к ССБ? Безусловно, да. Это справедливо хотя бы потому, что безопасность движения – это потребность населения, а, значит, усилия, направленные на её удовлетворение – это благо.

Система обеспечения безопасности дорожного движения (ОБДД) представляет для современной экономики двоякий интерес: академический (как возможность изучения базовых свойств систем создания благ) и при-

кладной (как сфера деятельности, имеющая мощную доказательную базу, позволяющую в итоге разработать инженерную методологию управления процессом создания благ) [1-3].

Повышение качества жизни населения в крупных городах относится к доминирующим проблемам. В то же время ощущается серьёзный дефицит в хороших инженерных решениях. Это обусловлено сложностью самого механизма мобильности и, как следствие, слабой проработкой системных основ управления им. Несмотря на то, что задача относится к числу слабо формализованных, делается попытка получить приемлемое решение, поскольку оно, по мнению авторов, – концептуальная основа стратегии развития умного города.

Материалы и методы

Управление развитием крупных городов входит по современным понятиям в сферу Smart-урбанистики. В ней активно эксплуатируются сложные технические, социально-экономические и организационные открытые системы, при этом широко используется современный инженерный инструментарий, включая F-технологии (F - Fibonacci) [4-8]. Инновационные F-подходы

опираются на закон обобщенного S-сечения [9], поэтому важно увязать ключевые показатели открытых систем с этим законом. Делается попытка решить эту задачу в сфере управления городской мобильностью.

Логика решения поставленной задачи предусматривает ряд этапов:

- специфика цифровой экономики;
- причинно-следственный механизм дорожной аварийности;
- анализ базовых законов открытых систем создания благ;
- структурный анализ суммарного эффекта;
- эталонные системы в Smart-урбанистике;
- функция общей полезности системы создания благ;
- исследование структурных свойств функции полезности системы создания благ;
- анализ уровня организованности эталонной системы создания благ.

Результаты и обсуждение

Специфика цифровой экономики. Характерной чертой современного этапа развития экономической науки является ее математизация, которая проявляется в замене изучаемого экономического процесса адекватной математической моделью и последующем исследовании свойств этой модели либо аналитическими методами, либо на основе проведения вычислительных экспериментов [10]. Первым шагом на этом пути нами выбрано моделирование механизма дорожной аварийности. Это связано с тем, что обеспечение дорожной безопасности выступает как ключевая потребность в умных городах и потому исследование систем создания благ в этой сфере имеет безусловную перспективу.

Причинно-следственный механизм дорожной аварийности. Структура механизма дорожной аварийности в сфере обеспечения безопасности дорожного движения (ОБДД) представлена на (Рис. 1). В последнее время при анализе этого механизма активно эксплуатируется кибернетический подход [11].



Рис. 1. Причинно-следственная модель механизма дорожной аварийности

В соответствии с приведенной структурой следует выделить 3 субпроцесса:

- формирование парка транспортных средств, определяющего уровень автомобилизации в городе (с коэффициентом передачи $K_n = N/P$);
- формирование массива ДТП с коэффициентом передачи $K_{dtp} = DTP/N$;
- формирование летальных исходов (с коэффициентом передачи $K_{pg} = PG/DTP$).

Практический интерес обычно представляют 2 тракта:

- участок «P-PG», характеризующий социальный риск, (со сквозным коэффициентом передачи (СКП) $K_{HR}=PG/P$) и
- участок «N-PG», характеризующий транспортный риск, (СКП $K_{TR}=PG/N$).

Совершенно очевидно, что чем меньше сквозной коэффициент передачи, тем позитивней результат. Покажем это на примере $K_{HR} = PG/P = K_n \cdot K_{dtp} \cdot K_{pg}$.

В качестве оценки примем величину $Q = \ln(1/K_{HR})$, из чего следует, что

$$Q = Q_n + Q_{dtp} + Q_{pg} = \ln(1/K_n) + \ln(1/K_{dtp}) + \ln(1/K_{pg}). \quad (1)$$

Анализ соотношения (5) показывает, что доля каждого слагаемого W_i в общей сумме равна

$$W_i = \frac{\ln(1/K_i)}{\sum_{i=1}^3 \ln(1/K_i)}. \quad (2)$$

Итак, имеем дело с трёхкомпонентной открытой системой, свойства которой подлежат исследованию. Как любая сложная система она следует базовым законам.

Анализ базовых законов открытых систем. Постулируется, что функционирование сложных систем базируется на двух глобальных законах: первом законе диалектики и обобщённом золотом сечении (ОЗС).

Первый закон диалектики – закон единства и борьбы противоположностей. Его суть выражена в форме

$$\text{Позитив} + \text{негатив} = \text{универсум},$$

которая после нормировки приводится к виду

$$a + b = 1, \quad (3)$$

где a - доминанта, b - субдоминанта.

Закон обобщенного золотого сечения (S-сечения) идентифицирован Э.М. Сороко [4] и имеет аналитическую запись

$$\left(\frac{1}{a}\right)^s = \frac{a}{b} = \frac{a}{1-a}, \quad (4)$$

где s параметр кратности, не зависящий от a .

Знание базовых законов позволяет корректно выполнять исследование эффективности сложных систем.

Структурный анализ суммарного эффекта. Традиционным инструментом такого анализа является диаграмма Парето (DP). Она представляет собой кумуляту (нарастающую сумму) частных вкладов компонентов в общий баланс. Диаграмма Парето для каждого значения нормированного ранга d_i , как правило, аппроксимируется функцией вида

$$DP_i = 1 - (1 - d_i)^{g(d_i)}, \quad (5)$$

где d_i – нормированный ранг, $d_i = r_i / r_{max}$; r_i и r_{max} – соответственно текущий и максимальный ранги;

$g(d_i)$ – показатель (в общем случае зависящий от d_i), названный нами структурной добротностью i -компонента системы,

$$g(d_i) = \frac{\ln(DP_i)}{\ln(1 - d_i)}. \quad (6)$$

Рассмотрим методику построения диаграммы Парето для реальной ситуации. В качестве объекта анализа выбран город Тюмень, относящийся к категории крупных городов (от 500 тыс. до 1 млн жителей). Исходные для расчёта данные (2008-2019 г.) приведены в таблице 1[12].

Таблица 1

Исходные данные и расчетные показатели для моделирования

Год	P^1 , тыс.	N^2 , тыс.	ДТП ³	Pg^4	Kn^5	$Kdtp^6$	Kpg^7	Wn^8	$Wdtp^9$	Wpg^{10}	g_0^{11}
2009	570	240,112	1408	63	0,421249	0,005863	0,044744	0,094896	0,564082	0,341021	2,06
2010	581,907	252,704	1397	60	0,434268	0,005528	0,042949	0,090862	0,566236	0,342901	2,08
2011	595	254,694	1477	63	0,428057	0,005799	0,042654	0,092699	0,562651	0,344648	2,06
2012	609,65	275,053	1744	68	0,451165	0,006340	0,038990	0,087452	0,556060	0,356486	2,03
2013	613,171	296,014	1622	53	0,482759	0,005479	0,032675	0,077835	0,556507	0,365656	2,05
2014	679,861	308,152	1864	64	0,453257	0,006048	0,034334	0,085353	0,550965	0,363680	2,01
2015	697,037	325,014	1483	41	0,466279	0,004562	0,027646	0,078325	0,553309	0,368364	2,03
2016	720,115	340,618	1410	50	0,473005	0,004139	0,035460	0,078186	0,573064	0,348749	2,12
2017	744,554	365	1640	46	0,490226	0,004493	0,028048	0,073555	0,557702	0,368741	2,06
2018	768,358	385	1652	31	0,501068	0,004290	0,018765	0,068295	0,538766	0,392937	1,988
2019	788,666	400	1512	33	0,507185	0,00378	0,021825	0,067338	0,553288	0,379372	2,05

- 1 – численность населения, тыс. человек;
- 2 – количество транспортных средств (ТС), тыс. единиц;
- 3 – количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), число случаев;
- 4 – число летальных исходов, случаев;
- 5 – коэффициент передачи – отношение числа ТС к численности населения;
- 6 – коэффициент передачи – отношение числа ДТП к количеству ТС;
- 7 – коэффициент передачи – число летальных исходов на количество ДТП;
- 8 – доля Qn в показателе качества Q ;
- 9 – доля $Qdtp$ в показателе качества Q ;
- 10 – доля Qpg в показателе качества Q ;
- 11 – структурная добротность i -компонента системы.

Рассмотрим процедуру построения диаграммы Парето с использованием данных 2019 г.

В соответствии с алгоритмами (2), (5) и (6) рассчитаны основные параметры диаграммы Парето (табл.2), позволяющие получить её графическую модель (Рис. 2).

Таблица 2

Параметры диаграммы Парето (Тюмень 2019 г.)

i -компонент	Нормированный ранг	Вес компонента	Кумулята	Добротность компонента
Идентификатор	d_i	W_i	DP_i	$g(d_i)$
ДТП	0.33333	0,553288	0,553288	1.9874734
Pg	0.66666	0,379372	0.93266	2.4558709
N	1.00000	0,067338	0.999998	2.9242825

Поскольку добротность компонентов зависит от нормированного ранга d_i , необходимо идентифицировать модель $g(d_i)$. Регрессионный анализ показал, что она линейна $g(d) = 1.4052 \cdot d + 1.5191$. Таким образом, аналитическое представление диаграммы Парето имеет вид

$$DP(d) = 1 - (1 - d)^{1.4052 \cdot d + 1.5191}. \quad (7)$$

Диаграмма должна отвечать базовым законам открытых систем, поэтому устойчивая (рабочая) точка (так называемая первая точка Парето) должна одновременно принадлежать как линии $DP(d)$, так и диагонали $y = 1 - x$ (что обусловлено работой первого закона диалектики).

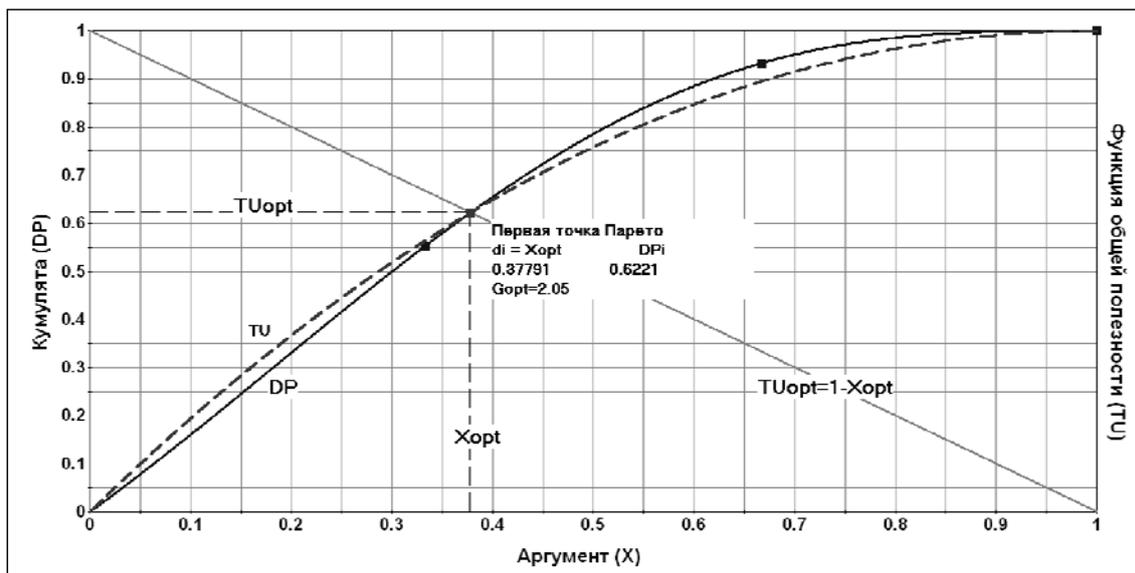


Рис. 2. Диаграмма Парето и функция общей полезности

Абсцисса и ордината первой точки Парето оказались соответственно равны 0.3779 и 0.6221, что позволило (следуя (4)) оценить значение добротности системы в рабочей точке $g_0 = 2.05$.

Этот показатель имеет глубокий смысл: он характеризует отношение хаос/порядок (точнее отношение их логарифмов) в рабочей точке. Естественно, возникает вопрос: а нельзя ли использовать этот факт для создания некоего эталона, пригодного решать метрические задачи.

Эталонные системы в Smart-урбанистике. Поиск хороших инженерных решений на практике предполагает наличие признанного эталона для сравнения полученного результата с идеальным. К сожалению, формализованных решений на этот счет пока найти не удалось. В этой связи приходится предпринимать необходимые шаги к поиску решения. В качестве приемлемого эталона предлагается использовать так называемые эталонные системы.

Понятие «эталонные системы» введено в работах [13]. Характеристические особенности эталонных систем заключается в следующем:

- это открытые (т.е. взаимодействующие с внешней средой) системы;
- они подчиняются базовым законам сложных систем (первому закону диалектики и обобщённому закону S-сечения [14-18]);
- они имеют (см.далее) специфичную функцию общей полезности (TU):

$$TU = 1 - (1 - x)^g, \quad (6)$$

где TU – нормированная общая полезность;
 x – доля потреблённого ресурса (блага);
 g – добротность системы, $g = 1 + s$;
 s – параметр кратности [4], не зависящий от x .

Функция общей полезности системы создания благ. Глобальной целью систем СБ является удовлетворение потребностей общества путём потребления созданных благ. В качестве количественной меры достижения цели в таком случае обычно принимают общую полезность (TU), аналитически задаваемую моделью TU.

При структурной идентификации этой модели будем полагать, что работает первый закон диалектики:

Позитив + негатив = универсум.

Под позитивом будем понимать *экономленный ресурс (благо)*, а под негативом – *недополученную полезность*.

После нормировки имеем $a + b = 1$, где a доминанта, $a = 1 - x_c$; x_c доля затраченного ресурса на достижение цели; b субдоминанта, $b = 1 - TU$; TU доля полученной полезности от максимально возможной.

Полагаем далее, что работает закон ОЗС: $\left(\frac{1}{a}\right)^s = \frac{a}{b}$,

Это даёт $\left(\frac{1}{1 - x_c}\right)^s = \frac{1 - x_c}{1 - TU}$, т.е.

$$TU(x_c) = 1 - (1 - x_c)^g, \quad (7)$$

где g добротность системы, $g = 1 + s$.

Анализ предельной полезности

$$MU = dTU/dx_c = g \cdot (1 - x_c)^{g-1}$$

показывает, что она снижается с ростом потребляемого блага x_c , следовательно, полученная модель TU отвечает необходимым требованиям.

Графики функции общей полезности для различных значений добротности g приведены на рисунке 3.

Какую роль играет функция общей полезности при анализе системы? В случае, если добротность эталонной системы g равна добротности реальной системы g_0 (g_0 добротность в первой точке Парето), то доли порядка (а) и хаоса (б) в сравниваемых системах совпадают. Но мерилom может выступать не только добротность, но и энтропия двухкомпонентной системы (порядок + хаос)

$$H = -[a \cdot \ln(a) + b \cdot \ln(b)]. \quad (8)$$

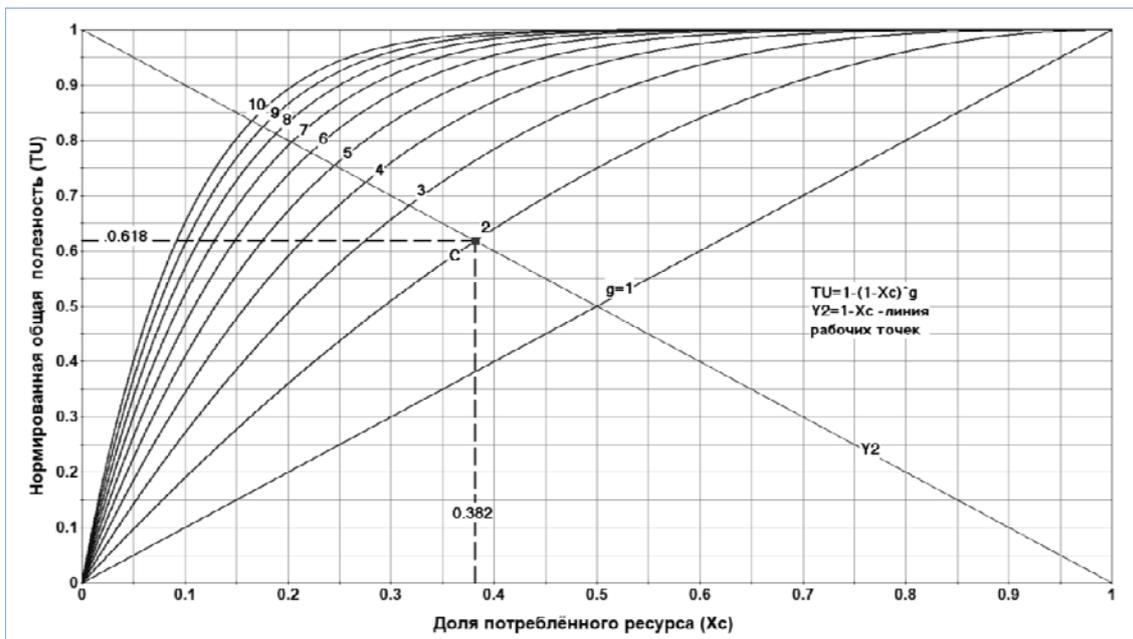


Рис. 3. Графики функции общей полезности $TU(x_c)$

Итак, при условии $g = g_0$ функция общей полезности TU является информационным эквивалентом диаграммы Парето реальной системы!

Исследование структурных свойств функции полезности системы создания благ. Как и диаграмма Парето (DP) функция TU даёт возможность осуществлять структурный анализ, но теперь уже идеализированной (эталонной) системы. Она позволяет, в частности, оценить «веса» компонентов идеализированной системы обеспечения безопасности дорожной безопасности (выполняющей, как мы установили, роль системы создания блага в Smart-урбанистике). С точки зрения общей полезности, «вес» каждого компонента – это доля приносимой им полезности (TU_i)

- $TU_{dip} = \left(1 - \frac{r-1}{r_{max}}\right)^{g_0} - \left(1 - \frac{r}{r_{max}}\right)^{g_0} = 1 - \left(1 - \frac{1}{3}\right)^{g_0} = 1 - \left(\frac{2}{3}\right)^{2.05} = 0.564$;
- $TU_n = \left(\frac{1}{3}\right)^{2.05} = 1 = 0.106$;
- $TU_{pg} = 1 - TU_{dip} - TU_n = \left(\frac{2}{3}\right)^{2.05} - \left(\frac{1}{3}\right)^{2.05} = 0.33$.

Следовательно, можно констатировать, что усилия городской администрации по повышению качества транспортных услуг крупной городской агломерации должны иметь разные приоритеты. По степени важности ключевые направления работ ранжируются следующим образом. Наиболее важным направлением следует считать снижение количества дорожно-транспортных происшествий (с потенциальной долей вложения ресурсов 56,4%). Вторым по важности является направление, связанное со снижением смертности при ДТП (с потенциальной долей вложения ресурсов 33%). Менее важным следует признать направление по снижению уровня автомобилизации в городе (с потенциальной долей вложения ресурсов 10,6%).

$$TU_i = \left(1 - \frac{i-1}{n}\right)^{g_0} - \left(1 - \frac{i}{n}\right)^{g_0}. \quad (9)$$

В нашем случае система обеспечения дорожной безопасности имеет 3 компонента: TU_{dip} (ранг 1, нормированный ранг $d_1 = 1/3$); TU_{pg} (ранг 2, нормированный ранг $d_2 = 2/3$); и TU_n (ранг 3, нормированный ранг $d_3 = 3/3 = 1$), что приводит к следующим результатам (здесь r – ранг компонента, r_{max} максимальный ранг):

Анализ уровня организованности эталонной системы создания благ. С инженерной точки зрения, важно уметь оценивать степень упорядоченности системы [8]. Принято, что численной характеристикой дезорганизованности системы выступает структурная энтропия или её информационный эквивалент – относительная энтропия H_n

$$H_n = \left[-\sum_{i=1}^n TU_i \cdot \ln(TU_i) \right] / \ln(n), \quad (10)$$

где n – количество компонентов системы; TU_i веса, отвечающие условию нормировки $\sum_{i=1}^n TU_i = 1$.

Учитывая факт детерминированной связи «весов» TU_i с добротностью эталонной системы $g = g_0$, можно идентифицировать модели относительной энтропии

$H_n(g)$ для систем с различным числом компонентов n (рис.4).

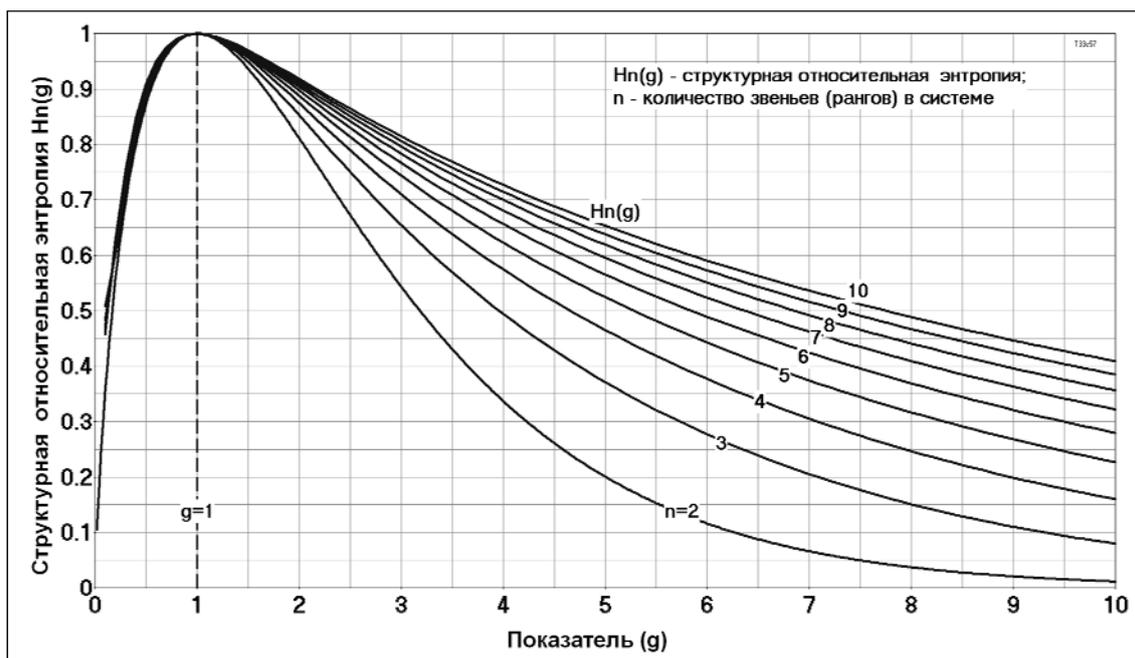


Рис. 4. Модель $H(g)$

Итак, количественной мерой неупорядоченности анализируемой системы является относительная энтропия H_n , которая при $n=3$ составляет 0.8436. Это позволяет сконструировать оценку уровня организованности эталонной системы, используя показатель (OS)

$$OS = 1 - H_n. \quad (11)$$

Следует, однако, заметить, что, в соответствии с (11), показатель OS является понижающим (т.е. чем он меньше, тем выше эффект). В то же время традиционно принято связывать уровень качества с позитивом, (т.е. чем оно выше, тем лучше). В этом случае приходится переходить к нормированной оценке организованности (названной нами «индексом организованности системы»)

$$IOS = \frac{OS_{\max} - OS}{OS_{\max} - OS_{\min}} = \frac{1 - OS}{1 - 0} = 1 - OS, \quad (12)$$

которая приводит ситуацию к традиционной норме. Следуя соотношению (12), Индекс организованности трёхкомпонентной эталонной системы составляет 84.36% от максимально возможного.

Таким образом, создан инструмент оценки уровня организованности многокомпонентных открытых систем создания благ в сфере Smart-урбанистики.

Выводы

Полученные результаты могут представлять двоякий интерес: академический (как системный подход к изучению базовых свойств систем создания благ) и прикладной (как элемент инженерной методологии управления процессом создания благ).

Все рабочие алгоритмы прошли программное тестирование. Они входят в ядро алгоритмического обеспечения системы «Городская мобильность».

Литература

1. Benedict, R. Synergy: Some Notes of Ruth Benedict. Am. Anthropologist. New Ser. 1970, 72, 320–333. 13.
2. Maslow, A.H. Synergy in the Society and in the Individual. J. Individ. Psychol. 1964, 20, 153.
3. Evans, P. Government action, social capital and development: Reviewing the evidence on synergy. World Dev. 1996, 24, 1119–1132. [CrossRef].
4. Jaffe, K. Quantifying social synergy in insect and human societies. Behav. Ecol. Sociobiol. 2010, 64, 1721–1724. [CrossRef].
5. Kolesov, V. Cybernetic Modeling in Tasks of Traffic Safety Management / V. Kolesov, A. Petrov // Transportation Research Procedia. – 2017. – № 20. – Pp. 305310.
6. Колесов, В. И. Эталонные системы в метрике обобщенного золотого сечения [Текст] / В. И. Колесов // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании: материалы VIII международной научно-технической конференции. Тюмень: ТИУ. – С. 1117.
7. Сороко, Э. М. Самоорганизация систем: проблемы меры и гармонии: автореф. дис... доктора филос. наук: 09.00.01 / Сороко Эдуард Михайлович. – Минск. 1991. – 43 с.
8. Wolfram D.A. Solving generalized Fibonacci recurrences [Text] / D.A. Wolfram // Fibonacci Quart. – 1998. – № 36. – Pp. 129-145.
9. Koshy T. Fibonacci and Lucas Numbers with Applications [Text] / T. Koshy. – USA, NY, New York: Wiley, 2001. – 248 p.
10. Bravo J.J. On a conjecture about repdigits in k-generalized Fibonacci sequences [Text] / J.J. Bravo, F. Luca // Publ. Math. Debr. – 2013. – № 82. – Pp. 623-639.
11. Колесников А.А. Синергетическая теория управления, М.: Энергоатомиздат, 1994, 344 с. Текст : непосредственный.

11. Прангишвили И. В. Проблемы эффективности управления сложными социальноэкономическими и организационными системами / И. В. Прангишвили. – Текст : непосредственный // Имущественные отношения в РФ. 2006. № 11(62). С.8286.
12. The Official Website of the State Traffic Inspectorate of the Russian Federation. Indicators of the State of Road Safety. Available online: <http://stat.gibdd.ru/> (accessed on 11 August 2021).
13. Иванус А. И. Основы гармоничного менеджмента (Концепция -Технологии) / А. И. Иванус. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2004. – 82 с. Текст : непосредственный.
14. Сороко Э. М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем: Введение в общую теорию гармонии систем. Изд. 4е, [репр.] / Э. М. Сороко. Москва : ЛИБРОКОМ, 2012. 264 с. – Текст : непосредственный.
15. Занг В.Б. Синергетическая экономика. Время и переменны в нелинейной экономической теории: Пер. с англ. – М.: Мир 1999. —335 с. Текст : непосредственный.
16. Marques D. Terms of generalized Fibonacci sequences that are powers of their orders [Text] / D. Marques, P. Trojovský // Lith. Math. J. – 2016. – № 56. – Pp. 219- 228.
17. Petrov A. Entropic analysis of dynamics of road safety system organization in the largest Russian cities [Text] / A. Petrov, V. Kolesov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 177. – 012015.
18. Decree of the Government of the Russian Federation of 8.01.2018, No 1-г, On Approval of the Road Safety Strategy in the Russian Federation for 2018–2024. Available online: <https://docs.cntd.ru/document/556323639> (accessed on 11 August 2021).

Сведения об авторах:

Колесов Виктор Иванович - Заслуженный работник высшей школы РФ. Тюменский индустриальный университет, лаборатория цифровых технологий в новой городской мобильности, ведущий научный сотрудник.

625027, г. Тюмень, ул. Мельникайте 72, ауд. 221.

Телефон: +7(904) 876-05-55,

E-mail: vikolesov@yandex.ru .

Шевелева Надежда Павловна. Тюменский индустриальный университет, кафедра Экономики и организации производства, доцент.

625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте 70, ауд. 310.

Телефон: +7(904) 492-12-05,

E-mail: shnaps@inbox.ru.