

ГАРМОНИЧНОСТЬ ЭТАЛОННЫХ СИСТЕМ В СФЕРЕ ГОРОДСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Кандидат техн. наук, доцент **Колесов В.И.**,
кандидат техн. наук, доцент **Петров А.И.**
(Тюменский индустриальный университет)

HARMONY OF REFERENCE SYSTEMS IN THE FIELD OF URBAN MOBILITY

V.I. Kolesov, Ph.D. (Tech.), Associate Professor,
A.I. Petrov, Ph.D. (Tech.), Associate Professor,
(Tyumen Industrial University)

Эталонные системы, базовые законы функционирования эталонных систем, концептуальная модель, функция общей полезности, оптимизация, устойчивость, гармонизация эталонных систем, управление городской мобильностью.

Reference systems, basic laws of the functioning of reference systems, conceptual model, general utility function, optimization, stability, harmonization of reference systems, urban mobility management

С использованием F-технологии в статье исследуются инновационные методы гармонизации сложных систем в сфере управления городской мобильностью. Разработана концептуальная модель гармонизации открытых эталонных систем, Выполнена структурная и параметрическая идентификация моделей полезности и устойчивости, Рассмотрены пути достижения структурной, каузальной и функциональной гармонии системы, работающей в оптимальном режиме. Полученные результаты исследования ориентированы на создание методологии синтеза эффективных систем управления городской мобильностью нового класса.

Using F-technology, the article examines innovative methods of harmonization of complex systems in the field of urban mobility management. A conceptual model of harmonization of open reference systems is developed, structural and parametric identification of utility and stability models is performed, ways to achieve structural, causal and functional harmony of a system operating in an optimal mode are considered. The obtained research results are focused on the creation of a methodology for the synthesis of effective management systems for urban mobility of a new class.

Введение

Стремительное развитие современных городов наталкивается на серьёзные трудности, связанные с обеспечением масштабных перемещений городского населения. Управление ими становится невыполнимым без привлечения современных транспортных систем с мощной информационно-интеллектуальной поддержкой [1-5].

Ключевыми компонентами таких систем, как правило, являются подсистемы управления городской мобильностью, алгоритмическое обеспечение которых широко использует цифровые технологии, свойственные кибернетическому подходу [6-8].

Трендом последнего времени является повышенный интерес не просто к эффективному управлению, а к инженерным методам синтеза гармоничных открытых систем. Логичным следствием этого стало широкое продвижение F-технологий (F-Fibonacci), сторонники которых являются активнейшими приверженцами гармонизации сложных открытых систем. Ведущая роль в этом движении принадлежит белорусскому исследователю Э.М. Сороко [9]. Его исследования [10-12] породили шквал публикаций [13-17], поднявший тему на рекордный уровень.

Несмотря на повышенный интерес к феномену гармонии сложных систем в сфере SMART-урбанистики, уровень большинства предлагаемых решений представлен в слабых шкалах, в то время как современная инженерия управления должна опираться на адекватные

математические модели. Их отсутствие подменяется красивыми вербальными конструкциями, слабо помогающими настоящему делу. Разумеется, создание хороших моделей – дело непростое, но без них реальное управление становится контрпродуктивным.

В рамках данной статьи делается попытка, хотя бы частично, устранить имеющиеся пробелы.

1. Алгоритм решения задачи

В ходе системного анализа городской мобильности необходимо реализовать следующий набор действий:

- Дать четкую дефиницию понятию «Эталонные системы».
- Разработать концептуальную модель формирования гармонии сложной системы.
- Сформулировать базовые системные законы.
- Провести дефиницию функции системной полезности.
- Разработать подходы к оптимизации общей системной полезности (критерий оптимальности, гармонизация системы).
- Оценить устойчивость сложных систем.
- Установить взаимосвязи системной устойчивости и полезности.
- Проанализировать возможности практического приложения системной устойчивости.
- Оценить возможности гармонизации сложных систем.

2. Теоретическое решение задачи оценки системной гармоничности

2.1. Идентификация понятия «Эталонные системы (процессы) управления городской мобильностью»

Ранее понятие «эталонные системы» введено в работе [18]. В целях сравнения реальных систем с гипотетическим эталоном, выделяют класс эталонных систем. Их характеризуют следующие отличительные признаки:

- это открытые (т.е. взаимодействующие с внешней средой) многокомпонентные системы;
- они работают в режиме обобщённого золотого сечения (ОЗС);
- функция полезности этих систем описывается уравнением $TU = 1 - (1 - x)^g$;

уравнением $TU = 1 - (1 - x)^g$;

- имеют вещественные (не зависящие от x) значения добротности g .

Что же касается сферы управления городской мобильностью, то более поздними нашими исследованиями [19] выявлена новая особенность эталонных систем, связанная со спецификой взаимодействия их функционала и структуры.

2.2. Разработка концептуальной модели анализа эталонных систем

Ключевыми свойствами любых рациональных систем являются целостность и целеориентированность. Системные цели могут быть различными, но их основное гуманитарное назначение – создание некоего позитива (полезности). Управление сложными системами направлено, как правило, на повышение позитива. Однако, всегда существуют силы, препятствующие такому росту. Именно противодействие разнонаправленных векторов и формирует диалектический результат функционирования сложных систем. Такой антагонистиче-

ской силой относительно полезности выступает устойчивость системы.

Действительно, с ростом затраченного ресурса должна повышаться полезность, но при этом уменьшается доля остаточного ресурса, которая в итоге и определяет устойчивость системы – её способность стабильно (устойчиво, надёжно, т.е. без сбоев и отказов) выполнять свои функции. Таким образом, рост полезности не безграничен. Но в таком случае возникает предположение о некоем оптимальном (как иногда говорят, гармоничном) режиме работы системы. Да, это так. Традиционный подход допускает скрытую (латентную) работу некоего глобального механизма, именуемого «золотой пропорцией» или «золотым сечением».

В последнее время особые надежды связывают с законом «обобщённого золотого сечения (ОЗС)» или (S-сечения), идентифицированным белорусским учёным Э.М. Сороко [9]. Так, в Институте систем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук [20, 21] создано новое научное направление: F-технологии (F - Fibonacc), успешно решающие сложные прикладные задачи эффективного управления в системах различного назначения.

Используемая нами концептуальная модель (рис. 1) также широко опирается как на закон ОЗС, так и на первый закон диалектики, вводя на их основе две новые сущности: нормированную общую полезность и нормированную устойчивость.

Использование этих характеристик позволили далее решить две важные задачи: во-первых, задачу об оптимизации системной полезности TU и, во-вторых, задачу о логичных следствиях, порождённых этой оптимизацией: о каузальной, структурной и функциональной гармониях системы.

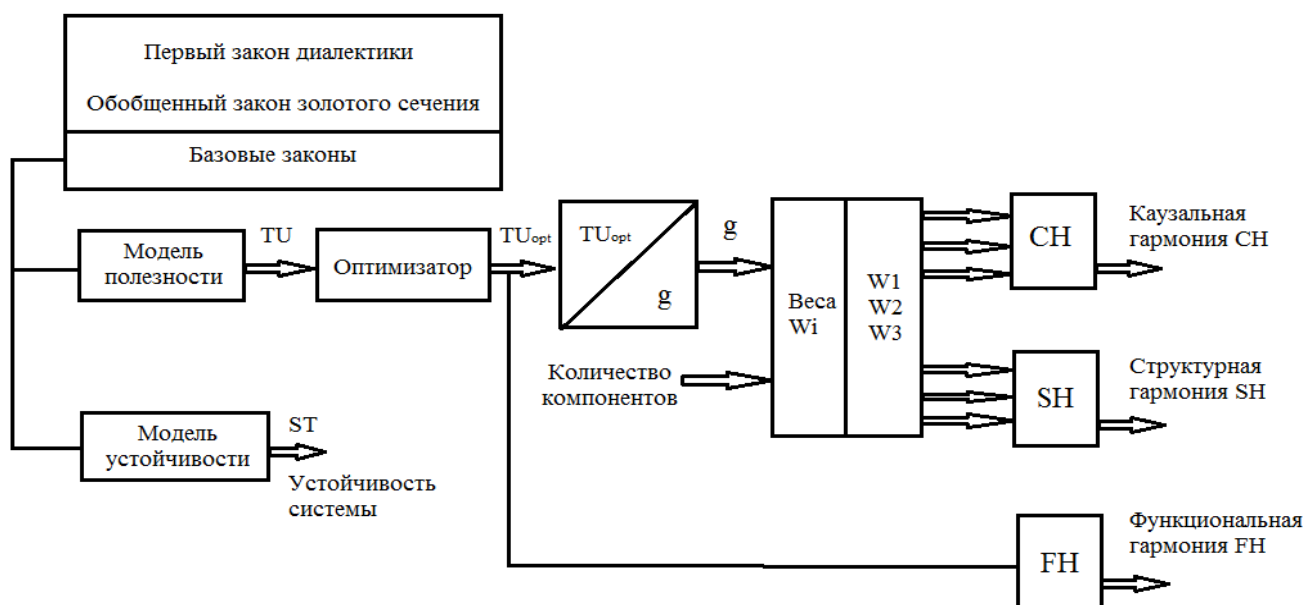


Рис. 1. Концептуальная модель формирования гармонии сложной системы

2.3. Анализ базовых системных законов

Постулируется, что функционирование сложных систем базируется на двух глобальных законах: первом законе диалектики и законе обобщённого золотого сечения (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 (1):

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

где a – доминанта;

b – субдоминанта.

Закон обобщённого золотого сечения (S -сечения) идентифицирован Э.М. Сороко [9] и имеет аналитическую запись (2):

$$\left(\frac{1}{a}\right)^s = \frac{a}{b} = \frac{a}{1-a}, \quad (2)$$

где s – так называемый показатель кратности.

В управлении сложными системами ОЗС явился претечей современных F-технологий. В целом оба закона – это инструменты построения функционала и структуры эталонных систем. Назначение функционала эталонных систем управления городской мобильностью – доставлять общую полезность GU при потреблении предоставленного ресурса. Задача на первом этапе сводится к структурной и параметрической идентификации модели общей полезности GU .

2.4. Дефиниция функции системной полезности

Системная полезность характеризует уровень функциональности системы. Аналитически она задаётся моделью общей полезности TU .

При структурной идентификации этой модели будем полагать, что работает первый закон диалектики: $\text{Позитив} + \text{негатив} = \text{универсум}$.

Под позитивом будем понимать **экономленный ресурс**, 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.

Далее работает закон ОЗС:

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

$$TU(x_c) = 1 - (1 - x_c)^g, \quad (3)$$

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

Графики функции общей полезности для различных значений добротности g приведены на рис. 2.

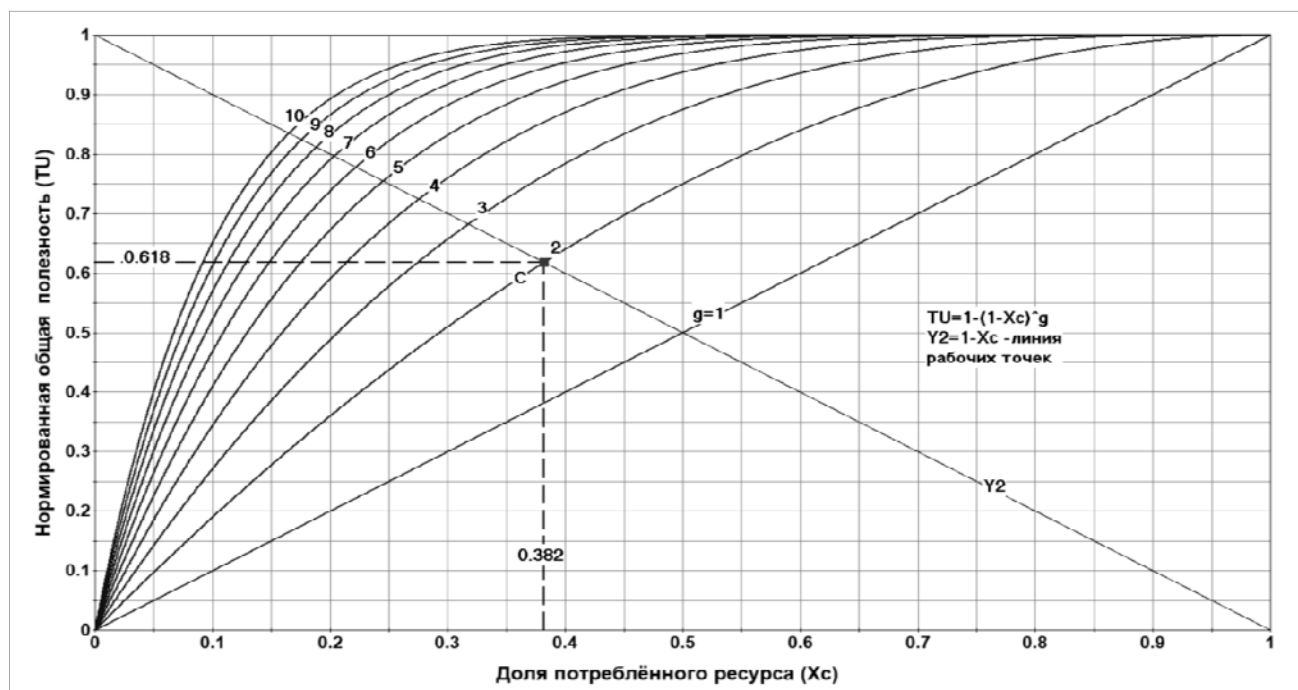


Рис. 2. Графики функции общей полезности $TU(x_c)$

На рис. 2 выделена точка C , соответствующая классическому золотому сечению (при условии $g = 2$). Все устойчивые решения, отвечающие ОЗС, располагаются на диагонали $Y_2 = 1 - x_c$.

Анализ предельной полезности MU (4)

$$MU = dTU/dx_c = g \cdot (1 - x_c)^{g-1} \quad (4)$$

показал, что MU отвечает необходимым требованиям, т.е. снижается с ростом потребляемого блага x_c .

2.5. Оптимизация общей полезности (критерий оптимальности, гармонизация системы)

Учитывая суть первого закона диалектики, следует ожидать конфронтацию между системным позитивом и негативом. Устойчивое равновесие между ними формируют системный баланс. Многие авторитетные ученые [22-24] полагают, что системный баланс идентичен понятию гармонии системы. В этой точке (обозначим её x_{opt}) должно одновременно выполняться два условия:

- с учетом первого закона диалектики, $a + b = 1$ (здесь $a = 1 - x_c$, а $b = 1 - TU$) должно соблюдаться условие $a + b = (1 - x_c) + (1 - TU) = 1$, т.е. $TU = 1 - x_c$;
- с учетом ОЗС, $TU = 1 - (1 - x_c)^g$.

Таким образом, в точке оптимума (где $x_c = x_{opt}$) имеем

$$1 - x_{opt} = 1 - (1 - x_{opt})^g,$$

из чего следует, что добротность системы равна (5):

$$g = \frac{\ln(x_{opt})}{\ln(1 - x_{opt})}. \quad (5)$$

Так, в режиме классического золотого сечения, когда $g = 2$, $x_{opt} = 0.382$.

Подстановка (5) в (3) даёт важный итог (6):

$$TU_{opt} = 1 - (1 - x_{opt})^{\frac{\ln(x_{opt})}{\ln(1 - x_{opt})}} = 1 - x_{opt}.$$

И так,

$$TU_{opt} = 1 - x_{opt}. \quad (6)$$

Это означает, что:

- оптимальные решения всегда располагаются на диагонали (6);
- добротность системы в точке оптимума равна

$$g = \frac{\ln(x_{opt})}{\ln(1 - x_{opt})};$$

- режим работы в оптимуме логично рассматривать как гармоничное состояние системы.
- «веса» W_i компонентов системы, как показано в работе [18], предопределены её добротностью g (7):

$$W_i = \left(1 - \frac{i-1}{n}\right)^g - \left(1 - \frac{i}{n}\right)^g, \quad (7)$$

где n – количество компонентов системы;
 i – ранг компонента.

В режиме «золотого сечения» (когда $g = 2$) формула (7) принимает вид (8):

$$W_i = \frac{2}{n} - \frac{(2 \cdot i - 1)}{n^2}. \quad (8)$$

2.6. Оценка устойчивости сложных систем

В последнее время в публикациях по стратегическому менеджменту [25-27] широко используется понятие устойчивости (Sustainability или ST). Разные авторы по-разному трактуют это понятие [28]. Большинство из них вкладывают в него лишь экономический или экологический аспект, хотя на самом деле это понятие имеет более широкий смысл. Приходится констатировать, что единая точка зрения в этом вопросе пока отсутствует. В то же время важность понятия устойчивости в системном анализе трудно переоценить. Оно предопределяет успешность функционирования анализируемой сложной системы.

Устойчивость может оцениваться в разных метриках. Есть своя метрика оценки устойчивости систем (процессов) в теории автоматического управления (ТАУ). Мы же будем руководствоваться метрикой обобщенного золотого сечения (ОЗС).

При структурной идентификации модели ST воспользуемся первым законом диалектики в форме (1), понимая под позитивом повышение полезности, а под негативом – потерю устойчивости:

$$\text{Позитив (P)} + \text{негатив (N)} = \text{универсум (U)}.$$

В этом случае первое слагаемое (**доминанта**) после нормировки примет вид TU_{opt} (здесь TU_{opt} – *полученная общая полезность в рабочей точке*), а второе (**субдоминанта**) – это доля потерянной устойчивости $(1 - ST_{opt})$, причем здесь ST_{opt} – нормированная устойчивость в рабочей точке.

Воспользуемся далее ОЗС в форме $\left(\frac{1}{TU_{opt}}\right)^s = \frac{TU_{opt}}{1 - ST_{opt}}$, в результате чего получим (9):

$$ST_{opt} = 1 - TU_{opt}^g, \quad (9)$$

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

Анализ формулы (9) позволяет сделать принципиально важный вывод: *рост полезности – не безграничен: он сдерживается потерей устойчивости. Устойчивость (как способность выполнять назначенный функционал) определяется остаточным ресурсом и с его уменьшением она также снижается.*

2.7. Установление взаимосвязи системной устойчивости и полезности

Связь устойчивости и полезности в рабочей точке (т.е. при $x_c = x_{c_opt}$) характеризуется соотношением (9), что же касается точек x_c , то и в них наследуется структура этой связи, и модель устойчивости можно представить тогда в форме (10):

$$ST(x_c) = 1 - [TU(x_c)]^g = 1 - [1 - (1 - x_c)^g]^g. \quad (10)$$

Графики функций $ST(x_c)$ и $TU(x_c)$ приведены на рис. 3. Выделены рабочие точки, соответствующие значениям добротности $g = 2; 3; 4$ и 5. Режиму золотого сечения ($g = 2$) принадлежит пара $TU2$ и $ST2$. В рабочей точке для них выполняется условие $TU2(x_c) = ST3(x_c) = 0,618$.

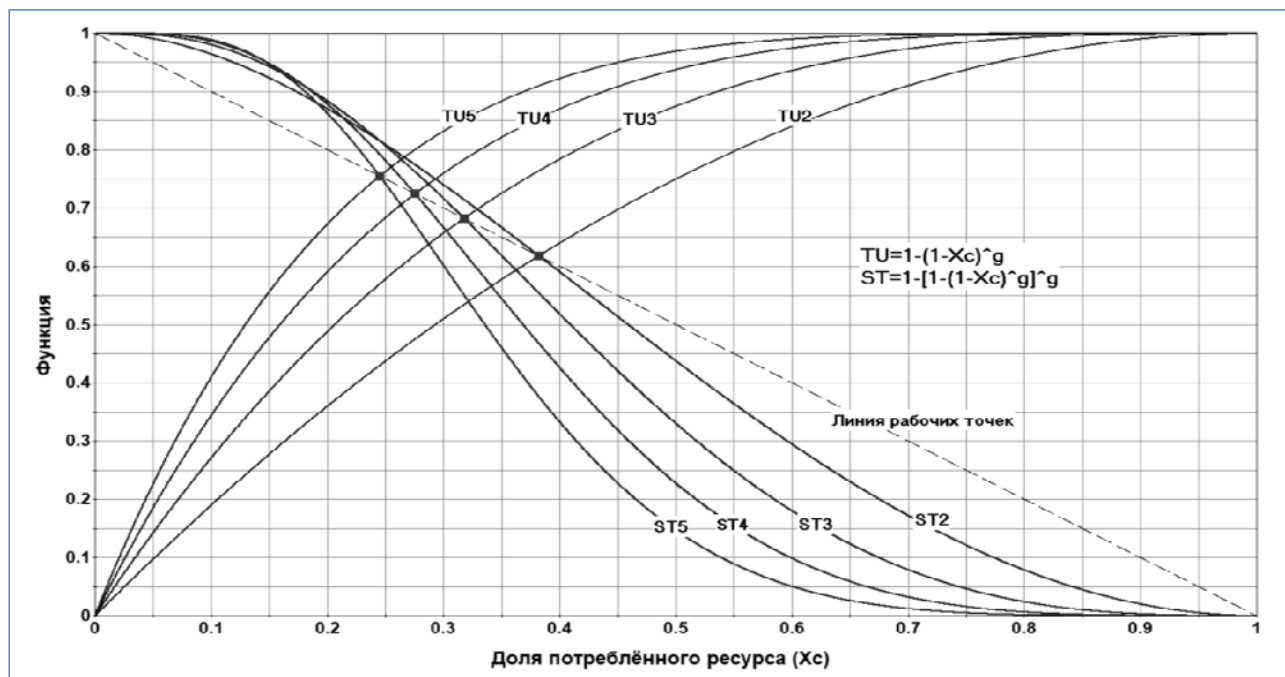


Рис. 3. Графики функций $TU(x_c)$ и $ST(x_c)$

2.8. Анализ возможностей практического приложения системной устойчивости

Можно различать целый ряд сфер, где возникает необходимость оценки уровня устойчивости. Так, с позиций PEST-анализа [25-27] можно говорить об устойчивости:

- социальной;
- экологической;
- экономической;
- технологической (энергетической);
- политической.

В тех случаях, когда речь идёт об устойчивом развитии городской мобильности, приходится использовать векторную (обобщённую) оценку устойчивости (11):

$$ST = \sum_{i=1}^n w_i \cdot ST_i, \quad (11)$$

где ST_i – устойчивость в i -сфере;

w_i – весовые коэффициенты, отвечающие ус-

ловию нормировки $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

2.9. Гармонизация сложных систем

Гармонию обычно рассматривают с трёх позиций [9]. Во-первых, с точки зрения характера и механизма гармоничного влияния одной части системы на другую (каузальная гармония); во-вторых, как соразмерность частей в целом (структурная гармония); в-третьих, как взаимосогласованность и синхронность функционирования частей (компонентов) системы (функциональная гармония). Авторы разделяют точку зрения Э.М. Сороко [9-12], полагая, что гармония системы наблюдается в режиме классического золотого сечения, когда добротность системы $g = 2$.

3. Практическое решение задачи оценки гармоничности систем обеспечения безопасности дорожного движения

В качестве примера приведём результаты гармонического анализа сложных систем в сфере дорожной безопасности – одной из ключевых сфер реализации городской мобильности. В рамках вышеуказанного анализа использованы результаты авторских исследований [29], опирающиеся на информационную базу данных ГИБДД Российской Федерации.

Предметом анализа, как правило, являются 3 весовых коэффициента ранговой диаграммы Парето [7]: «вес», характеризующий уровень автомобилизации (W_n); «вес», характеризующий уровень ДТП (W_{dp}), и «вес», характеризующий летальность исходов (W_{pg}).

Сумма весов отвечает условию нормировки $\sum_{i=1}^3 W_i = 1$.

Структурная гармония. В эталонных системах весовые коэффициенты всегда чётко детерминированы (см. соотношение (7), рис. 4).

В режиме золотого сечения, когда $g = 2$, «веса» компонентов (рис. 4) соответствуют пропорции (8) и при $n = 3$ соответственно равны: $W_n = 0,111$; $W_{dp} = 0,555$; $W_{pg} = 0,333$.

Каузальная гармония. При проведении анализа было принято во внимание, что уровень автомобилизации является первопричиной, а число ДТП и число погибших является следствием. В этой связи каузальную гармонию логично представлять в виде зависимости «весов» W_{dp} и W_{pg} от «веса» W_n (рис. 5).

Практический интерес, кроме того, представляет отношение «весов». Оно приведено на рис. 6.

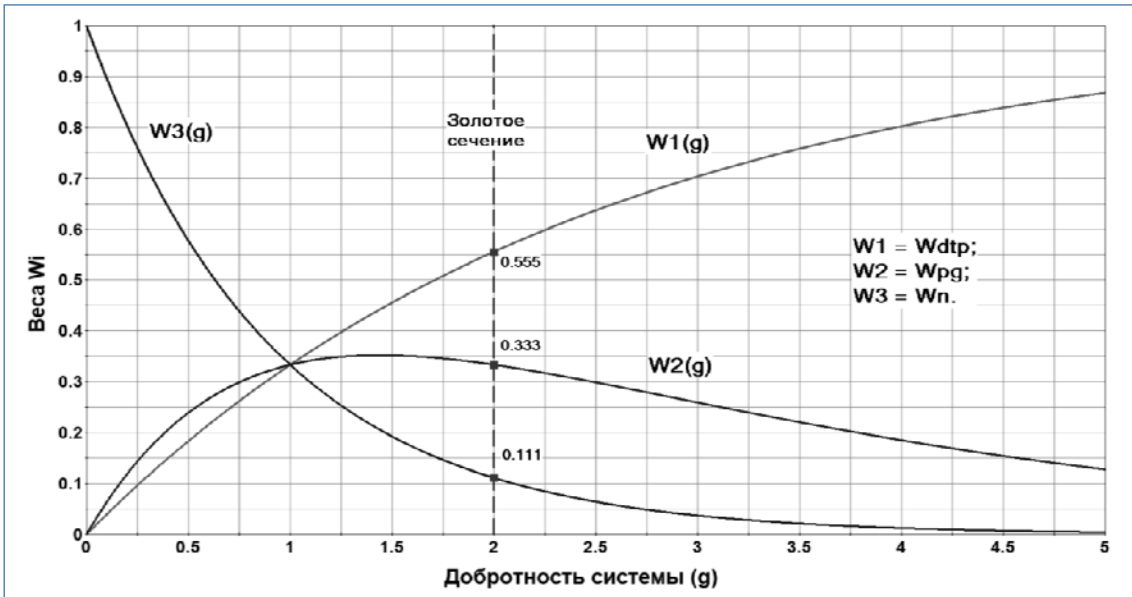


Рис. 4. Структурная гармония

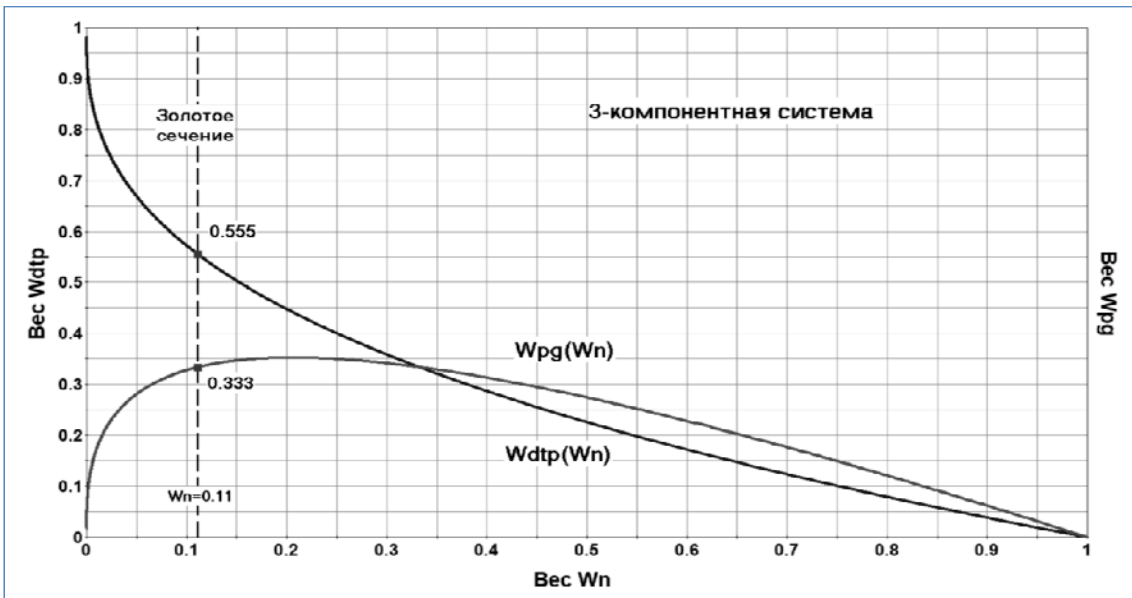


Рис. 5. Каузальная гармония

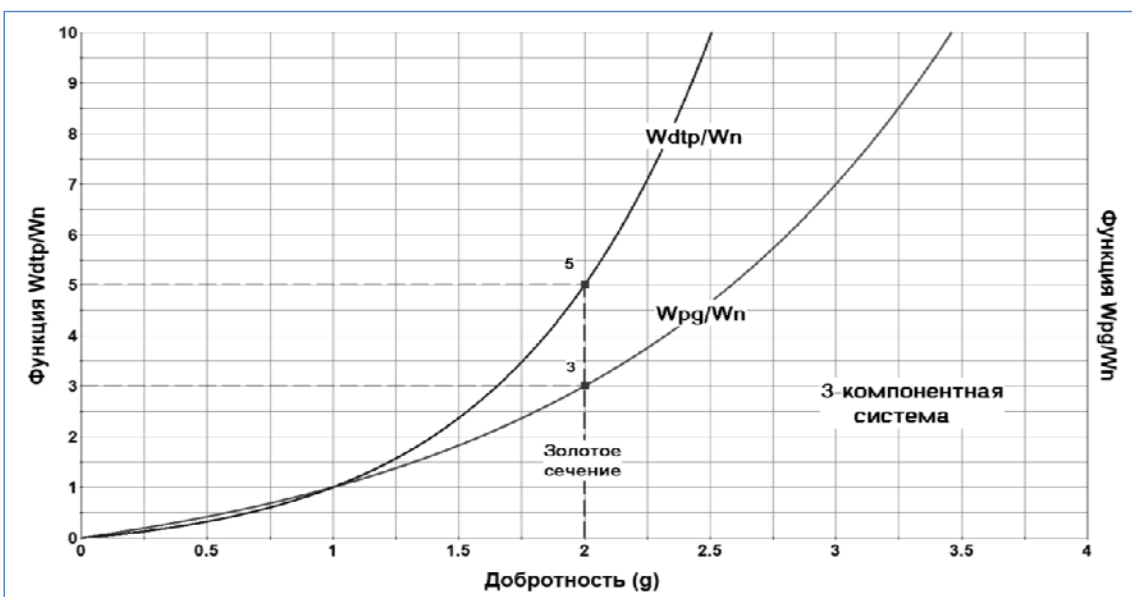


Рис. 6. Отношение весовых коэффициентов

Функциональная гармония. Следуя великому Сократу [9], мы также связываем функциональную гармонию с принципом полезности. Оптимальный уровень нор-

мированной полезности TU_{opt} наблюдается при золотом сечении (рис. 7) и равен 0,618.

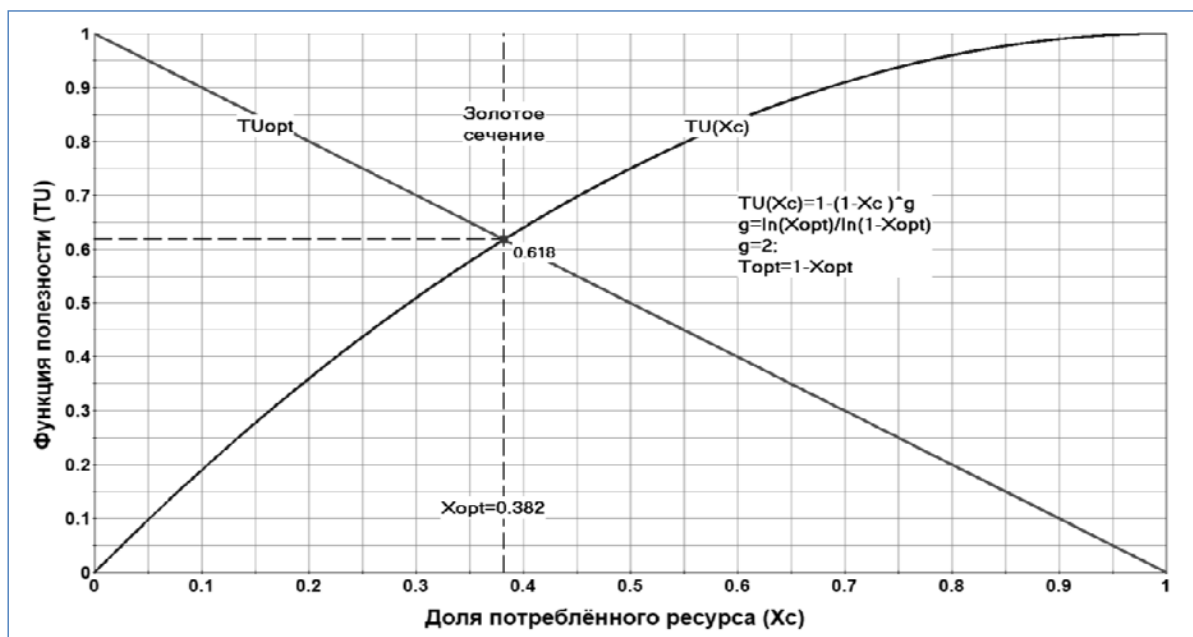


Рис. 7. Функциональная гармония

Заключение

Полученные результаты исследований ориентированы на ряд перспективных инженерных приложений, в частности, на:

- инновационную постановку целеполагания и прогнозирование целевых показателей мобильности городского населения;
- синтез гармоничных систем управления городской мобильностью;
- разработку инновационного алгоритмического обеспечения для систем управления городской мобильностью.

Идентифицированная в статье «Триада гармоничности сложных систем» имеет важное познавательное значение. Она позволяет по-новому взглянуть на понятие гармонии, которая в свою очередь является многокомпонентной системой со всеми вытекающими отсюда следствиями. Совершенно очевидно, что «гармония» обладает фрактальными свойствами, потому появляется новая задача о структурной гармонии самого понятия «гармония». А это наводит на мысль о возможном появлении нового прикладного направления исследований, которое можно назвать «инженерией гармонии».

Повышение гармоничности реальных систем может показаться на первый взгляд академическим изыском, однако, это, как видим, далеко не так. Речь идёт не только об обновлении парадигмы гармоничных систем, а, в первую очередь, о системных основах векторного проектирования гармоничных систем.

Литература

1. Жанказиев, С.В. Научные подходы к формированию государственной стратегии развития интеллектуальных транспортных систем [Текст] / С.В. Жанказиев, В.М. Власов // Автотранспортное предприятие. – 2010. – № 7. – С. 2-10.

2. Жанказиев С.В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно-дорожных комплексах городов и регионов: автореферат дис. ... д-ра. техн. наук: 05.22.10 / Жанказиев Султан Владимирович. – М. 2012. – 43 с.

3. Панамарева О.Н. Интеллектуальные транспортные системы – инструмент повышения эффективности экономики России в целом [Текст] / О.Н. Панамарева // Общество: политика, экономика, право. – 2012. – № 2. – С. 96-103.

4. Белый О.В. Целевая модель как основа стратегии управления устойчивым развитием городского общественного транспорта [Текст] / О.В. Белый, Л.Д. Баринава, Л.Э. Забалканская // Транспорт Российской Федерации. – 2020. – № 1 (86). – С. 3-7.

5. Лазарев В.А. Исследование транспортной подвижности населения новых и строящихся микрорайонов [Текст] / В.А. Лазарев, П.П. Володькин // Транспорт. Наука, техника, управление. – 2020. – № 3. – С. 47-50.

6. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине [Текст] / Н. Винер. – М.: Наука, 1983. – 344 с.

7. Kolesov V. Cybernetic Modeling in Tasks of Traffic Safety Management [Text] / V. Kolesov, A. Petrov // Transportation Research Procedia. – 2017. – № 20. – Pp. 305-310.

8. 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.

9. Сороко Э.М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем: Введение в общую теорию гармонии систем [Текст] / Э.М. Сороко. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 264 с.

10. Сороко Э.М. Структурная гармония систем [Текст] / Э.М. Сороко. – Минск: Наука и техника, 1984. – 264 с.

11. Сороко Э. М. Критерий гармонии самоорганизующихся социоприродных систем. Научный доклад [Текст] / Э.М. Сороко. – Владивосток: Общ. институт ноосферы ДВО АН СССР, 1989. – 83 с.
12. Сороко Э.М. Самоорганизация систем: проблемы меры и гармонии: автореф. дис... доктора филос. наук: 09.00.01 / Сороко Эдуард Михайлович. – Минск. 1991. – 43 с.
13. Wolfram D.A. Solving generalized Fibonacci recurrences [Text] / D.A. Wolfram // *Fibonacci Quart.* – 1998. – № 36. – Pp. 129-145.
14. Koshy T. Fibonacci and Lucas Numbers with Applications [Text] / T. Koshy. – USA, NY, New York: Wiley, 2001. – 248 p.
15. 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.
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. Фишер Р. Новые методы торговли по Фибоначчи [Текст] / Р. Фишер. – М.: ИК «Аналитика», 2002. – 384 с.
18. Колесов В.И. Эталонные системы в метрике обобщенного золотого s-сечения [Текст] / В.И. Колесов // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании: материалы VIII международной научно-технической конференции. Тюмень: ТИУ. 2020. – С. 11-17.
19. Колесов В.И. Функционал и структура эталонных систем в сфере управления городской мобильностью [Текст] / В.И. Колесов, А.И. Петров // *Транспорт: наука, техника, управление.* – 2020. – № 10. – С. 3-9.
20. Прангишвили И.В. Проблемы эффективности управления сложными социально-экономическими и организационными системами [Текст] / И.В. Прангишвили // *Имущественные отношения в РФ.* – 2006. – № 11(62). – С. 82-86.
21. Иванус А.И. Основы гармоничного менеджмента (Концепция F-технологии). Научное издание [Текст] / А.И. Иванус. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, РАН, 2004. – 82 с.
22. Корнаи Я. Системная парадигма [Текст] / Я. Корнаи // *Общество и экономика.* – 1999. – Vol. 3-4. – Pp. 85-96.
23. Степин В.С. Саморазвивающиеся системы и постнеклассическая рациональность [Текст] / В.С. Степин // *Вопросы философии.* – 2003. – № 8. – С. 5-17.
24. Клейнер Г.Б. Системная парадигма и системный менеджмент [Текст] / Г.Б. Клейнер // *Российский журнал менеджмента.* – 2008. – Том 6. – № 3. – С. 27-50.
25. Маврина И.Н. Стратегический менеджмент : учебное пособие [Текст] / И.Н. Маврина. – Екатеринбург : УрФУ, 2014. – 132 с.
26. Емельянова Е.А. Стратегический менеджмент : учебное пособие [Текст] / Е.А. Емельянова. – Томск : Эль Контент, 2015. – 114 с.
27. Попов С.А. Концепция актуального стратегического менеджмента для современных российских компаний : монография [Текст] / С.А. Попов. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 223 с.
28. Drucker P.F. The theory of business [Text] / P.F. Drucker // *Harvard Business Review.* – 1994. – Vol. 72 (5). – Pp. 95-104.
29. Колесов В.И. Структурная энтропия сложных систем в метрике обобщенного золотого сечения [Текст] / В.И. Колесов, О.Ф. Данилов, А.И. Петров, М.Л. Гуляев // *Транспорт: наука, техника, управление.* – 2020. – № 8. – С. 3-6.

Сведения об авторах:

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

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

Телефон: +7(904) 876-05-55,

E-mail: vikolesov@yandex.ru.

Петров Артур Игоревич. Тюменский индустриальный университет, лаборатория цифровых технологий в новой городской мобильности, ведущий научный сотрудник.

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

Телефон: +7(912) 079-19-91,

E-mail: artigpetrov@yandex.ru.