

УДК 372.065

DOI: 10.26140/anip-2019-0802-0098

**ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ЯДРА  
СМАРТ-СИСТЕМЫ И ОЦЕНКА ЕГО УРОВНЯ КАЧЕСТВА  
НА ОСНОВЕ РОБАСТНОГО ПОДХОДА**

© 2019

**Сыроtyuk Светлана Дмитриевна**, кандидат педагогических наук,  
департамент (экономических и управленческих программ)

*Тольяттинский государственный университет*

(445020, Россия, Тольятти, ул. Белорусская, д. 14, e-mail: [sirotyk\\_sd@mail.ru](mailto:sirotyk_sd@mail.ru))

**Аннотация.** В процессе интеллектуализации, информатизации и цифровизации всех видов деятельности стали формироваться проблемные ситуации, требующие строгого математического обоснования результативности полученных выводов. Наряду с поиском ответов на вопрос как оценить полученный результат, насколько показатели результативности далеки от запланированных значений, каковы риски анализируемой деятельности и причины их возникновения, насущным остается поиск ответов на вопросы «что помешало достичь заранее запланированное значение контролируемого параметра?» или «как оценить величину влияния параметров внутренней среды анализируемой структуры на формируемый внешний показатель ее деятельности?» В статье авторы предлагают использовать методы робастного проектирования для определения влияния «шумовых» параметров на достижение итоговых показателей. Круг потенциальных читателей этой статьи составляют исследователи, специализирующиеся в синтезе и анализе процедур обработки экспериментальных данных. Показан новый подход к развитию технологий статистического анализа данных и разработки методов оценивания качества получаемых выводов применительно к оценке деятельности самообучающейся организации.

**Ключевые слова:** Смарт организация, оценка уровня развития интеллектуального потенциала, методы робастной статистики.

**VERIFICATION OF PROCESSES OF FORMATION OF THE COMPETENCE CORE  
OF THE SMART SYSTEM AND EVALUATION OF ITS QUALITY  
LEVEL, BASED ON ROBUST APPROACH**

© 2019

**Syrotyuk Svetlana Dmitrievna**, candidate of pedagogical Sciences,  
Department (economic and management programs)

*Togliatti State University*

(445020, Russia, Togliatti, Belorusskaya str., 14, E-mail: [sirotyk\\_sd@mail.ru](mailto:sirotyk_sd@mail.ru))

**Abstract.** In the process of intellectualization, Informatization and digitalization of all activities began to form problem situations that require strict mathematical justification of the effectiveness of the findings. Along with the search for answers to the question how to evaluate the result, how far the performance indicators are from the planned values, what are the risks of the analyzed activities and the reasons for their occurrence, the search for answers to the questions “what prevented the achievement of the pre-planned value of the controlled parameter?” or “how to estimate the value of the influence of the parameters of the internal environment of the analyzed structure on the formed external indicator of its activity?” In the article the authors propose to use the methods of robust design to determine the impact of “noise” parameters to achieve the final results. Potential readers of this article are researchers specializing in the synthesis and analysis of experimental data processing procedures. A new approach to the development of statistical data analysis technologies and the development of methods for assessing the quality of the findings in relation to the evaluation of the self-learning organization.

**Keywords:** Smart organization, assessment of the level of intellectual potential development, methods of robust statistics.

*Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.* Несмотря на достаточно большой интерес к деятельности Смарт организаций в широком аспекте приложения, остается проблемой попытка выявить совокупное влияние факторов на результирующий показатель деятельности организационной структуры по типу смарт.

*Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривались аспекты этой проблемы* показал, что сегодня много авторов уделяют внимание становлению и развитию смарт организаций. Например, в работах [1-11] рассмотрены подходы к формированию и развитию таких понятий как смарт-университет, смарт педагогика, смарт-среда.

*Формирование целей статьи (постановка задания).* Основной целью статьи является ознакомление специалистов широкого профиля с применением методов Тагути для оценки влияния шумовых факторов на формирование конкретной характеристики качества, присущей смарт-организации.

*Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов.*

Несомненно, одним из перспективных из аналитических методов исследования этой предметной области является метод факторного анализа возникающих в процессе деятельности организации рисков, когда риск пытаются разложить на составляющие его факторы и проанализировать величину влияния каждого отдельно-

го фактора на результирующий показатель. Широко используются и другие аналитические методы оценки риска, например, «Algebraic Formalization of Smart Systems Theory and Practice, Chapter 7. Algebraic Approach to the Risk Description. Linear Programming Models with Risk, p.117-120» [5].

Под смарт-организацией авторами понимается самообучающаяся организация, в которой коллектив исполнителей готов к быстрому внедрению инноваций в общество. Более подробно понятие смарт - организации и показатели качества, позволяющих оценивать уровень развития смарт-организации показаны в статье [6, 7, 8].

Предположим, что базовой характеристикой качества в самообучающейся организации (подразделении смарт) является комплексный показатель «уровень развития интеллектуального потенциала смарт-организации». На формирование оценки о достигнутом (высоком, низком или среднем) уровне развития влияет много показателей. Методами структурного анализа и синтеза можно описать существующие причинно-следственные связи внутри организационной структуры анализируемых показателей и выявить большую или меньшую степень влияния каждого из них на формируемый комплексный показатель [9, 10].

Выбор изучения возможностей оценки уровня развития смарт организации на основе робастного проектирования обоснован тем, что этот метод позволяет корректировать позволяет корректировать технологию

самообучения и регулировать поток усваиваемой новой информации с целью повышения эффективности самообучения [11].

Новый подход в экономике состоит в том, что факторы, влияющие на качество продукции, Тагути условно разделил на две категории: факторы неконтролируемые, называемые шумами, и факторы контролируемые, называемые сигналами. Улучшения качества деятельности можно добиться за счет уменьшения шумов и усиления сигналов. Тагути предлагает разделить факторы на группы так, чтобы в одной из них оказались факторы, ответственные за основной отклик («номинал»), а в другой – ответственные за разброс. Для выявления этих групп Тагути вводит новый обобщенный отклик, который он называет «отношение сигнал/ шум» (С/Ш). Это отношение является обратной величиной коэффициенту вариации. Следовательно, исходная задача разбивается на две независимые оптимизационные процедуры: одну для номинала, а вторую для разброса. А поскольку они осуществляются в разных пространствах, результаты их просто «склеиваются», что и дает искомый устойчивый, или робастный, режим [12].

Робастное проектирование процесса трансформации знаний представляет собой подход, который позволяет обеспечить устойчивость передаваемых знаний к внешним воздействующим факторам. Под устойчивостью знаний понимается возможность сохранения структуры знания, т. е. структурная устойчивость.

Отметим, что анализируемая характеристика качества (ХК) должна быть:

- непрерывна, легко измерима и количественно исчисляема;
- положительной и иметь абсолютный нуль (отсутствие отрицательных значений);
- аддитивной, в крайнем случае монотонной (независимость компонентов);
- скомпонованной из отдельных, более мелких, частных характеристик (обеспечение всей информации);
- фундаментальной (отсутствие смещения разных физических процессов и реакции на внешние возмущения после проведения оптимизации);

Также, ХК должна иметь максимальные значения важности и приоритетности. В нашем случае исследуемая ХК  $\text{max}$ .

Применим методику робастного проектирования на примере оценки уровня развития интеллектуального потенциала Смарт-организации.

#### 1. Обоснование выбора шумовых факторов.

Проблема заключается в недостаточной инструментальной базе, позволяющей судить об уровне качества сформированности интеллектуального потенциала. Необходимо уточнить причину недостаточной сформированности этого показателя.

На рисунке (рис.1) показана Диаграмма Исикавы, из которой можно сделать выводы о влиянии на формирование оцениваемого показателя четырех факторов: внешней и внутренней среды, личностного фактора и финансовой составляющей.

Эта диаграмма была построена перед началом эксперимента. Она отражает причинно-следственные связи влияния отдельных показателей на достижение результата. Необходимо определить характеристику качества (ХК), по которой внешний потребитель будет оценивать деятельность Смарт-организации. В нашем конкретном случае это будет оценка уровня развития интеллектуального потенциала коллектива исполнителей в смарт-организации [12. 13].

Выберем шумовые факторы, которые мешают достижению требуемого уровня развития интеллектуального потенциала. Важным условием является то, что оцениваемые шумовые факторы не зависят от деятельности персонала смарт организации. Все эти факторы являются внешними и оказывают негативное влияние на формирование требуемой характеристики качества. Выбор

ШФ является одним из основных этапов планирования. Робастность системы достигается только для выбранных ШФ.

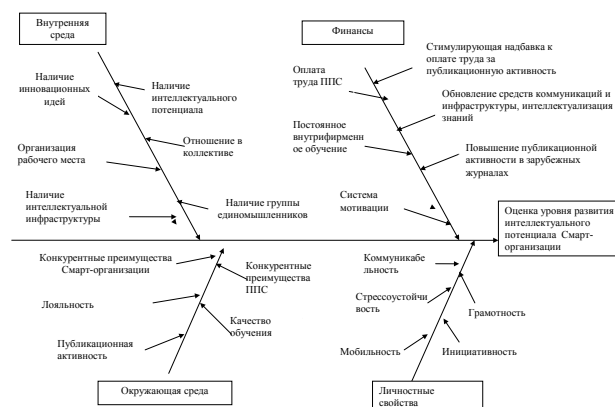


Рисунок 1 – Диаграмма «причины - результат» для нашего эксперимента

Принятие решений об эксперименте с выбранным комплектом ШФ всегда не тривиально и зависит от опыта и интуиции команды и должно быть подтверждено экспериментально (шумовой эксперимент).

Шумовой эксперимент имеет следующие цели:

1. Определить наиболее важные ШФ, которые максимально влияют на вариабельность.
  2. Провести сравнительный анализ (бенч-маркинг) характеристик начальной продукции.
  3. Совершенствовать экспериментальную процедуру для минимизации воздействия ШФ путем параметрической оптимизации.
  4. Проверить значения неконтролируемых шумов, т.е. измерять ошибку.
- Выбор шумовых факторов происходит по алгоритму.
1. Анализ требований внешней среды, предъявляемых к организациям типа «смарт».
  2. Классификация выбранной информации по источнику возникновения и причинам возможного риска.
  3. Ранжирование факторов по степени негативного влияния и определение наиболее опасных из них.
  4. Определение количества состояний, выявленных значимых шумовых факторов и анализ их состояния.
  5. Выполним условную идентификацию каждого из шумовых факторов, с учетом его состояния.
  6. Составим матрицу, включающую описание каждого шумового фактора и его состояния.
  7. Составим ортогональную матрицу, в которой отражены взаимно-однозначные соответствия сочетаниям факторов.
  8. Проведем эксперимент, с учетом не менее двух реплик (опытов) по каждому из факторов.
  9. Выполним обработку результатов шумового эксперимента.
  10. Выбор управляющих факторов, способные снизить риски влияния шумовых факторов на характеристику качества

#### 11. Верификация результатов исследования

Рассмотрим описанный выше алгоритм более подробно. Уточним, что будем рассматривать структурное подразделение смарт-организации на примере структурного подразделения «кафедра».

#### 2. Планирование шумового эксперимента

Анализ требований внешней среды, классификация выбранной информации и ее ранжирование по степени негативного влияния на деятельность Смарт-организации на данный момент времени показал, что наиболее значимыми для всей смарт организации являются следующие факторы, возникающие внутри организации от каждого из исполнителей:

Фактор 1 (ШФ1) - отсутствие навыков написания на-

учных работ на иностранном языке;

Фактор 2 (ШФ2) - недостаточность показателей результативности в процессе обмена знаниями;

Фактор 3 (ШФ3) - недостаточный уровень идентификации во внешней среде.

Учитывая, что каждый из факторов имеет свое состояние, которое можно оценить экспертным методом, идентифицируем это состояние и сведем выявленные показатели в единую таблицу (табл.1).

Таблица 1 - Шумовые факторы

| Общая ХК  | ШФ1   | Состояние ШФ1  | ШФ2   | Состояние ШФ2   | ШФ3  | Состояние ШФ3   |
|---|---|--|---|---|--|---|
| Уровень развития интеллектуального потенциала Смарт-организации | отсутствие навыков написания научных работ на иностранном языке | А - недостаточное знание иностранного языка<br>В - отсутствие знаний построения структуры научной публикации | недостаточность показателей результативности в процессе обмена знаниями | С - отсутствие готовности персонала к обмену знаниями<br>Д - отсутствие мотивации к обмену знаниями | недостаточный уровень идентификации во внешней среде | Е - результативность взаимодействия с конкурентами и партнерами по бизнесу<br>К - недостаточная база показателей результативности взаимодействия во внешней среде |

В таблице описан сам шумовой фактор, его состояние и условное обозначение каждого из состояний. Для расчета количества реализаций и проведения эксперимента нам надо знать: а – количество шумовых факторов; b – количество управляющих факторов; m – количество уровней; n – число степеней свободы (m-1) [14,15,16].

Расчет количества реализаций выполняется по формуле (1)

$$K = m * a + n * b + 1 \quad (1)$$

Из таблицы видно, что шумовых факторов будет три, в каждом из них по 2 уровня выявленного состояния. В этом случае число степеней свободы равно 1. Тогда получим, что  $K = 2 * 3 + 1 * 1 + 1 = 8$ . Сочетание шумовых факторов: определяется по ортогональной матрице.

Проведение эксперимента проводится дважды для каждой реализации (реплика 1 и реплика 2). Расчет средних значений: среднее значение ХК для каждой реализации рассчитывается по формуле (2), а сумма квадратов отклонений ( $S_e^2$ ) по формуле (3).

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^n y_{ij}}{n} \quad (2)$$

$$S_e^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (3)$$

Расчет средних значений по всем опытам: среднее значение ХК по формуле (4), а среднее отклонение по всем опытам по формуле (4).

$$\bar{S}_e^2 = \frac{\sum_{i=1}^n S_e^2}{n} \quad (4)$$

Результаты вычислений показаны в таблице (таблица 2).

Таблица 2 – Шумовой эксперимент (фрагмент)

| Реализации | ШФ1 | ШФ2 | ШФ3 | 1 реплика | 2 реплика | Среднее значение $\bar{y}_i$ | Сумма квадратов отклонений $S_e^2$ |
|------------|-----|-----|-----|-----------|-----------|------------------------------|------------------------------------|
| 1          | А   | С   | Е   | 0,7       | 0,6       | 0,65                         | 0,001359766                        |
| 2          | А   | С   | К   | 0,5       | 0,8       | 0,65                         | 0,001359766                        |
| 3          | А   | Д   | Е   | 0,65      | 0,55      | 0,6                          | 0,000172266                        |
| Σ          |     |     |     |           |           | $\bar{y} = 0,613125$         | $\bar{S}_e^2 = 0,005374609$        |

Из таблицы видно, что в ней отражены результаты проведения эксперимента (реплика 1, реплика 2), вычислено среднее значение по всем опытам, и вычислена сумма квадратов полученных отклонений от среднего значения [17, 18].

Расчет средних значений для каждого уровня шумового фактора показан в таблице (см. табл. 3).

Таблица 3 – Средние значения в шумовом эксперименте

| Шумовой фактор | Уровень фактора | Уровень развития интеллектуального потенциала Смарт-организации     |
|----------------|-----------------|---|
| ШФ1            | А               | $= (0,7 + 0,5 + 0,65 + 0,6 + 0,6 + 0,8 + 0,55 + 0,75) / 8 = 0,64$   |
|                | В               | $= (0,6 + 0,5 + 0,6 + 0,5 + 0,82 + 0,74 + 0,35 + 0,55) / 8 = 0,58$  |
| ШФ2            | С               | $= (0,7 + 0,5 + 0,6 + 0,8 + 0,6 + 0,5 + 0,82 + 0,74) / 8 = 0,66$    |
|                | Д               | $= (0,65 + 0,6 + 0,55 + 0,75 + 0,6 + 0,5 + 0,35 + 0,55) / 8 = 0,59$ |
| ШФ3            | Е               | $= (0,7 + 0,65 + 0,6 + 0,6 + 0,6 + 0,55 + 0,82 + 0,35) / 8 = 0,60$  |
|                | К               | $= (0,5 + 0,6 + 0,5 + 0,5 + 0,8 + 0,75 + 0,74 + 0,55) / 8 = 0,62$   |

Графически отображаем результаты эксперимента (рисунок 2). Условно отобразим показатели начала и конца отрезка, обозначив их для ШФ1 - a1, a2; для ШФ2 (b1, b2); для ШФ3 (c1, c2).

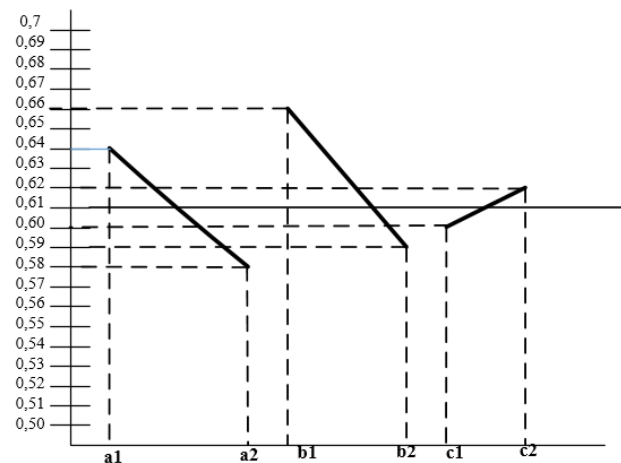


Рисунок 2 – Результаты эксперимента

Выполним обобщение факторов. и проведем верификация результатов шумового эксперимента.

Относим каждый уровень ШФ к одной из двух категория: повышающие значение ХК (ОШФ↑) и понижающие ХК (ОШФ↓): ОШФ↑ (А2, В2, С1). ОШФ↓ (А1, В1, С2).

Расчет значений: прогнозные значения ХК при ОШФ↑ и ОШФ↓:

$$Y \uparrow = \bar{Y} + (\bar{Y}_{\uparrow} - \bar{Y}) + (\bar{Y}_{\uparrow} - \bar{Y}) + (\bar{Y}_{\uparrow} - \bar{Y})$$

$$Y \downarrow = \bar{Y} + (\bar{Y}_{\downarrow} - \bar{Y}) + (\bar{Y}_{\downarrow} - \bar{Y}) + (\bar{Y}_{\downarrow} - \bar{Y})$$

$$Y \uparrow = 6,125 + (7,3 - 6,125) + (7,5 - 6,125) + (6,4 - 6,125) = 8,905$$

$$Y \downarrow = 6,125 + (5 - 6,125) + (4,8 - 6,125) + (5,8 - 6,125) = 2,9$$

Проведение верификации;

Верификация – сравнение прогнозного значений ХК со значением, полученным в результате проведения экспериментов. Выбранные факторы являются шумовыми, если экспериментальные значения отличаются от прогнозных не более чем на величину  $S_e^2$  (таблица 4).

Таблица 4 – Верификация шумового эксперимента

| ОШФ  | Прогноз | Балл |
|------|---------|------|
| ОШФ1 | 8,91    | 9    |
| ОШФ2 | 2,93    | 3    |

Таким образом, можно сделать вывод, что робастное проектирование процесса трансформации знаний персонала в Смарт-организации представляет собой подход, который позволяет обеспечить устойчивость передаваемых знаний к внешним воздействующим факторам. Под устойчивостью знаний понимается возможность сохранения структуры знания, т. е. структурная устойчивость.

Отметим, что робастные технологии, прекрасно заре-



комендовавшие себя для управления производственными процессами технического направления, могут быть сегодня использованы и для управления деятельностью персонала. Считаем, что это важно для самообучающихся организаций, так как применение методики позволяет применять оперативное управление качеством усвоения новых знаний. Наличие информации об уровне использования прошлых знаний и новых, текущих, позволяет корректировать технологию самообучения и регулировать поток усваиваемой новой информации с целью повышения эффективности дальнейшего развития smart-организации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сыротюк С.Д. Оценка эффективности мероприятий по обучению персонала в рамках внедрения системы менеджмента качества. Вектор науки ТГУ. №1 (19), 2012. – С. 210-216.
2. Глухова Л.В. Развитие конвергентных процессов в агентских институциональных формах / Л.В. Глухова, А.Д. Немцев // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2011. № 4. С. 68-71.
3. Uskov, V., Bakken, J., Pandey, A.: *The Ontology of Next Generation Smart Classrooms*. In: Uskov et al. (eds.) *Smart Education and Smart e-Learning*, 510 p., pp. 3–14 Springer, Cham (2015). ISBN 978-3-319-19874-3
4. Uskov, V.L., Bakken, J.P., Howlett, R.J., Jain, L.C. (eds.): *Smart Universities: Concepts, Systems, and Technologies*, 421 p. Springer, Cham (2018). ISBN 978-3-319-59453-8, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-59454-5>
5. Serdyukova, N.A., Serdyukov, V.I., Slepov, V.A., Uskov V.L., Ilyin V.V.: *A Formal Algebraic Approach to Modelling Smart University as an Efficient and Innovative System*, SEEL2016, *Smart Education and Smart e – Learning, Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol. 59, pp. 83–96. Springer, Cham (2016)
6. Serdyukova, N.A., Serdyukov, V.I., *The Transition from an Infinite Model of Factors that Determine the System to a Finite Model. The Model of Algebraic Formalization of Risks of Changing the Scenarios of the Longterm Development of a Smart System of Six Factors on the Example of a Smart University: Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2018. T. 91. C. 137-148.
7. Serdyukova, N.A., Serdyukov, V.I., Uskov, A.V., Slepov, V.A., Heinemann, C.: *Algebraic Formalization of Sustainability Ranking Systems for Evaluating University Activities: Theory and Practice*, SEEL2017, *Smart Education and Smart e – Learning, Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol. 75, pp. 459–474. Springer, Cham (2017) 4
8. Stefan Hurlbaums, M.ASCE; Tim Stocks; and Osman E. Ozbulut, (2012) *Smart Structures in Engineering Education*// JOURNAL OF PROFESSIONAL ISSUES IN ENGINEERING EDUCATION & PRACTICE © ASCE / JANUARY 2012.
9. Глухова, Л.В., Сыротюк С.Д. Смарт-организации и математическое моделирование возможностей их перехода на более высокий уровень развития//Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2018. Т. 2. №3. С. 122-131.
10. Сыротюк, С.Д. Технология трансформации университета в самообучающуюся организацию // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2012. – № 4. – С. 432 – 437.
11. Глухова, Л.В. Методология управления трансформацией организации в самообучающуюся систему: монография / [Л.В. Глухова, С.А. Гудкова, С.Д. Сыротюк]; Под общей редакцией профессора А.Д. Немцева. -Воронеж: ВГПУ, 2012.-148 с.
12. Taguchi, G., Yokohava, Y., and Wu.Y. *Quality Engineering Series. Vol. 2. Taguchi Methods, On-Line Production*. ASI Press, 1994
13. William Y. Fowlkes, Clyde M. Creveling, *Engineering methods for robust product design: using Taguchi methods in technology and product development*.
14. Rousseeuw PJ, Leroy AM, *Robust regression and outlier detection*. Wiley, 2003.
15. Bjoerck A, *Numerical methods for least squares problems*. SIAM, 1996.
16. Agullo, J. *New algorithm for computing the least trimmed squares regression estimator*. *Computational statistics & data analysis* 36 (2001) 425-439.
17. Motulsky HJ, Brown RE. *Detecting outliers when fitting data with nonlinear regression – a new method based on robust nonlinear regression and the false discovery rate*. *BMC Bioinformatics* 7 (2006) 123.
18. Charls R. Hicks *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. Oxford University Press; 5 edition (March 25, 1999).

Статья поступила в редакцию 17.03.2019

Статья принята к публикации 27.05.2019