

# Моделирование данных для анализа готовности вхождения муниципальных образований в Industry 5.0

И.Н. Хаймович<sup>1,2</sup>, В.М. Рамзаев<sup>1</sup>, В.Г. Чумак<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский университет государственного управления «Международный институт рынка», Г.С. Аксакова 21, Самара, Россия, 443030

<sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

**Аннотация.** Цель исследования заключается в определении степени готовности муниципальных образований Самарской области к внедрению технологий Industry 5.0. Предложена математическая модель, позволяющая определить степень готовности муниципальных образований Самарской области к внедрению технологий Industry 5.0 с дальнейшим повышением конкурентоспособности муниципальных образований, подобрать проекты, наиболее подходящие к существующему уровню подготовки Industry 5.0, выявить основные трудности на пути их реализации. В ходе исследования были разработаны инновационные показатели готовности муниципальных образований к вхождению в Industry 5.0. К инновационным показателям анализа подготовки муниципальных образований к вхождению в Industry 5.0 можно отнести: показатель технологичности, интернетизации, внедрения новых технологий и другие. Область применения полученных результатов обширна. Данное исследование будет интересно ученым, занимающимся вопросами цифровой экономики, управления данными Big Data.

## 1. Постановка задачи

На сегодняшний день общество движется к новой индустрии 5.0, данную индустрию также обозначают следующими терминами: Industry 5.0, Общество 5.0, Society 5.0, Super Smart Society. Под любым из этих терминов находится социально-экономическая и культурная стратегия развития общества, основанная на использовании цифровых технологий во всех сферах жизни [1,2]. Industry 5.0 включает девять главных признаков (применение автономных роботов, моделирование сложных объектов, использование интеграционных систем, кибербезопасность, интернет-вещей, облачные вычисления, аддитивное производство, дополнительную реальность и технологии Big Data).

Данная стратегия развития общества основана на технологическом укладе, который является совокупностью сопряжённых производств, имеющих единый технический уровень и развивающихся синхронно. Смена технологических укладов происходит в последовательности, показанной на рисунке 1.

Для вхождения в Industry 5.0 необходимо определить готовность вхождения муниципальных образований (МО) Поволжского региона в данное общество, для этого было проведено исследование по определению показателей готовности МО к вхождению в Industry 5.0 и удалось выявить зависимость повышения конкурентоспособности муниципального образования и новых показателей системы оценки.

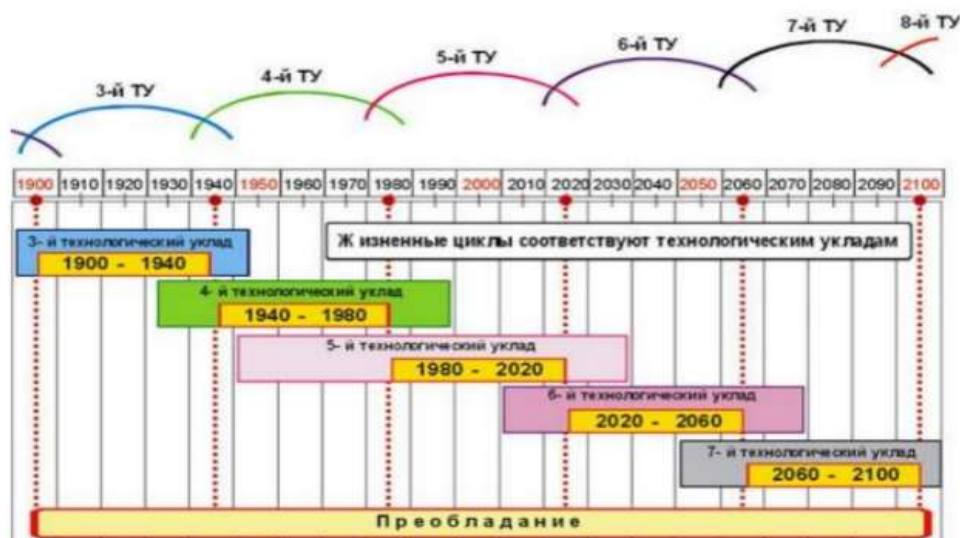


Рисунок 1. Смена технологических укладов.

## 2. Разработка методики повышения конкурентоспособности муниципальных образований за счет использования технологий Industry 5.0

Расчет возможности вхождения в технологии Industry 5.0 связан непосредственно с понятием конкурентоспособности МО. Конкурентоспособность представляет собой важнейшую характеристику развития социально-экономических систем, в т.ч. территорий. Данное направление является одним из приоритетных для научно-исследовательского центра Самарского университета государственного управления «Международный институт рынка». В течение ряда лет в университете проводились исследования конкурентоспособности территорий: региона, городских округов, в том числе малых и моногородов, муниципальных районов, сельских поселений.

Применяемый подход основан на понимании конкурентоспособности как способности к соперничеству в процессе конкурентной борьбы за ограниченные ресурсы [1,2].

В основе разработанной методологии лежит экономико-математическая модель аддитивного типа для оценки состояния конкурентоспособности территории:

$$\left\{ \begin{array}{l} KS = (\xi_1 GF + \xi_2 PRF + \xi_3 EF + \xi_4 PPF + \xi_5 APF + \xi_6 GF + \\ + \xi_7 FEF + \xi_8 Iff + \xi_9 UVF + \xi_{10} IF + \xi_{11} InF + \xi_{12} SC) \\ 0 \leq \xi_i \leq 1, i = \overline{1,12} \\ \sum_{i=1}^{12} \xi_i = 1 \\ 0 \leq GF \leq 1; 0 \leq PRF \leq 3; -2 \leq EF \leq 1; -3 \leq PPF \leq 12; 0 \leq APF \leq 6; -3 \leq SF \leq 29; \\ 0 \leq FEF \leq 1; -2 \leq Iff \leq 13; 0 \leq UVF \leq 1; 0 \leq IF \leq 2; 0 \leq InF \leq 3; 0 \leq SC \leq 1 \end{array} \right.$$

где  $KS$  - конкурентоспособность;  $GF$  - географический фактор;  $PRF$  - природно-ресурсный фактор;  $EF$  - экологический фактор;  $PPF$  - фактор промышленного производства;  $APF$  - фактор агропромышленного производства;  $SF$  - социальный фактор;  $FEF$  - финансово-экономический фактор;  $Iff$  - инфраструктурный фактор;  $UVF$  - фактор уровня взаимодействия с вышестоящими органами власти;  $IF$  - инновационный фактор;  $InF$  - инвестиционный фактор;  $SC$  - фактор вхождения МО в Industry 5.0;  $\xi$  - коэффициент значимости фактора (определяется из опроса экспертов).

В процессе исследования выделено 12 факторов конкурентоспособности, характерных для современного уровня социально-экономического развития территорий. Каждый из факторов

имеет собственную значимость, определяющую его вес, вклад в итоговое значение конкурентоспособности. Веса факторов различны для территорий разных типов, что отражает дифференциацию в текущем состоянии процесса развития.

Поскольку для принятия управленческих решений важны доступность понимания и наглядность информации, предлагается многомерная визуализация результатов анализа и оценки состояния конкурентоспособности. Посредством выбора мерности пространства возможно проиллюстрировать уровень и вклад тех или иных факторов конкурентоспособности для целей управления [3,4].

Фактор вхождения МО в Industry 5.0 рассчитывается как среднее по сумме показателей технологичности, интернетизации, внедрения новых технологий, инновационности, интеллектуализации, финансовой независимости бюджета и энергоэффективности. Рассмотрим показатели готовности МО к внедрению новых технологий при переходе к технологическому укладу Industry 5.0. К ним относятся следующие показатели [3].

Показатель технологичности рассчитывается по следующей зависимости:

$$T1 = \frac{n1 + n2 + n3}{m},$$

где  $n1$  – количество предприятий, модернизированных не позднее 2012 года,  $n2$  – количество предприятий, модернизированных не позднее 2015 года,  $n3$  – количество предприятий, модернизированных не позднее 2017 года,  $m$  – общее количество предприятий в МО.

Показатель интернетизации связан следующим выражением:

$$T2 = \frac{K}{100\%},$$

где  $K$  – показатель покрытия МО интернетом.

Показатель внедрения новых технологий рассчитывается по следующей зависимости

$$T3 = \frac{s1 + s2 + s3}{L},$$

где  $s1$  – количество медиаресурсов за 3 года,  $s2$  – количество реализованных индивидуальных развлечений за 3 года,  $s3$  – количество созданных социальных предприятий за 3 года,  $L$  – количество созданных объектов бизнеса за 3 года.

Показатель инновационности городской инфраструктуры может быть рассчитан следующим образом:

$$T4 = \frac{q1}{Q} + \frac{x1}{X},$$

где  $q1$  – объем работ, выполненных по замене объектов инновационной инфраструктуры,  $Q$  – объем работ, необходимых для замены всей инфраструктуры,  $x1$  – объем инновационной продукции в технопарках и т.д.,  $X$  – объем продукции на всех предприятиях МО.

Показатель интеллектуализации городской среды связан зависимостью вида:

$$T5 = \frac{g1 + g2 + g3}{G},$$

где  $g1$  – количество инновационных продуктов,  $g2$  – количество патентов,  $g3$  – количество грантов,  $G$  – всего новых продуктов.

Показатель интеллектуализации связан с инновационными продуктами, патентами, научными грантами. В Самаре проводятся значительные разработки в области внедрения информационных технологий в сфере технологического производства, например, в области горячей объемной штамповки [4-6], фрезерной обработки на станках с ЧПУ [7], аддитивных технологий на 3D принтере [8,9]. Также множество новых разработок относятся к области создания новых материалов [10-12] и других технологических процессов [13-15], кроме автоматизации технологических производств имеются научные разработки в области организации производства [16] и экономических исследований [17].

Показатель финансовой независимости бюджета выражается следующим отношением:

$$T6 = \frac{d1}{d2},$$

где d1 – муниципальный долг, d2 – доходы бюджета;

Показатель энергоэффективности городской среды может быть вычислен следующим образом:

$$T7 = \frac{y1}{Y} + \frac{c1}{C},$$

где y1 – объем потребляемых ТЭР предприятиями МО, Y – объем продукции с использованием энергоресурсов, c1 – стоимость потребляемых энергоресурсов населения, C – население МО [18].

Значения ограничений по показателям готовности внедрения МО в Industry 5.0 показаны в таблице 1.

**Таблица 1.** Ограничения показателей вхождения МО в Industry 5.0.

Показатель	Готов к внедрению	Средняя готовность	Удовлетворительная готовность	Не готов к внедрению
T1	1	0,6	0,3	0,2
T2	1	0,4	0,4	0,3
T3	1	0,5	0,3	0,3
T4	1	0,5	0,3	0,3
T5	1	0,8	0,4	0,2
T6 (-)	1	0,5	0,4	0,3
T7	1	0,6	0,4	0,35
Итог	6	3,7	2,5	1,95

### 3. Результаты экспериментальных исследований

После проведения расчетов данных показателей по муниципальным образованиям Самара и Ульяновск, были получены следующие данные (показаны в таблице 2).

**Таблица 2.** Расчетные значения показателей вхождения МО в Industry 5.0.

Industry 5.0	Самара	Ульяновск
Технологичность	0,59	0,47
Интеллектуализация	0,82	1
Финансовая независимость	-0,105	-0,038
Интернетизация	0,55	0,6
Инновационность	0,7	0,87
Энергоэффективность	0,43	0,34
Внедрение новых технологий	0,4975	0,540333333
Сумма	3,4825	3,782333333

Проведя оценку готовности МО к вхождению в Industry 5.0 было установлено, что МО город Самара обладает «средней готовностью к внедрению Industry 5.0», а город Ульяновск относится к категории «готов к внедрению Industry 5.0» - значения 3,48 и 3,78 (рис. 2 и рис.3). Совместная диаграмма показателей данных городов показана на рисунке 4.

Представленные расчетные модели позволяют определить не только готовность МО к внедрению технологий Industry 5.0, но и выявить сегменты, замедляющие процесс перехода в более высокую по уровню группу или в новый технологический уклад. Так МО город Самара находится в группе «средняя готовность к внедрению технологий Industry 5.0» в связи с высокой финансовой зависимостью городского бюджета (Т6), не достаточностью внедрения

новых технологий (Т3) и недостаточностью повышения энергоэффективностью городской среды (Т7).

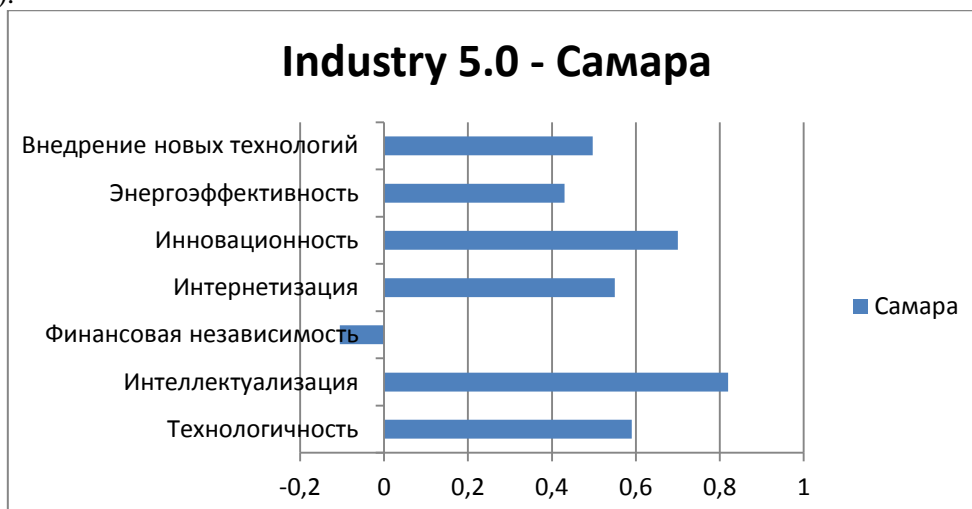


Рисунок 2. Показатели «готовности МО к внедрению Industry 5.0» для города Самара.

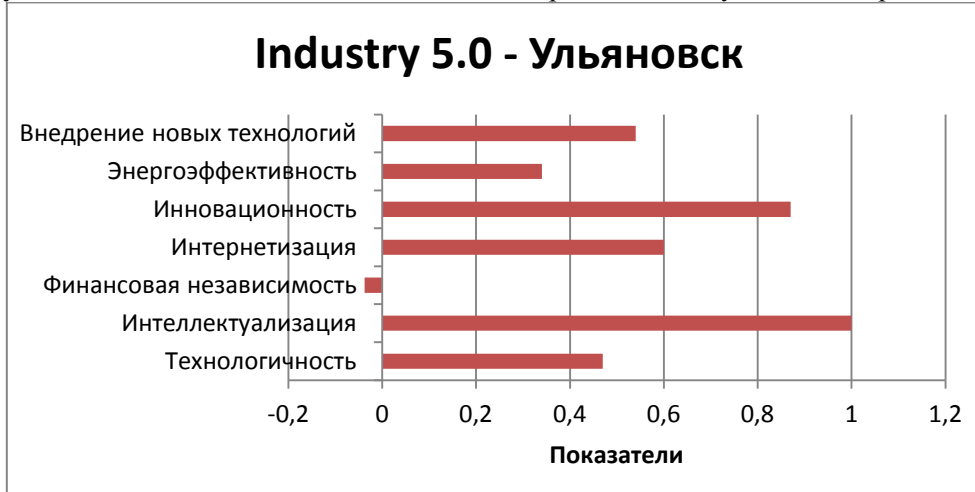


Рисунок 3. Показатели «готовности МО к внедрению Industry 5.0» для города Ульяновск.

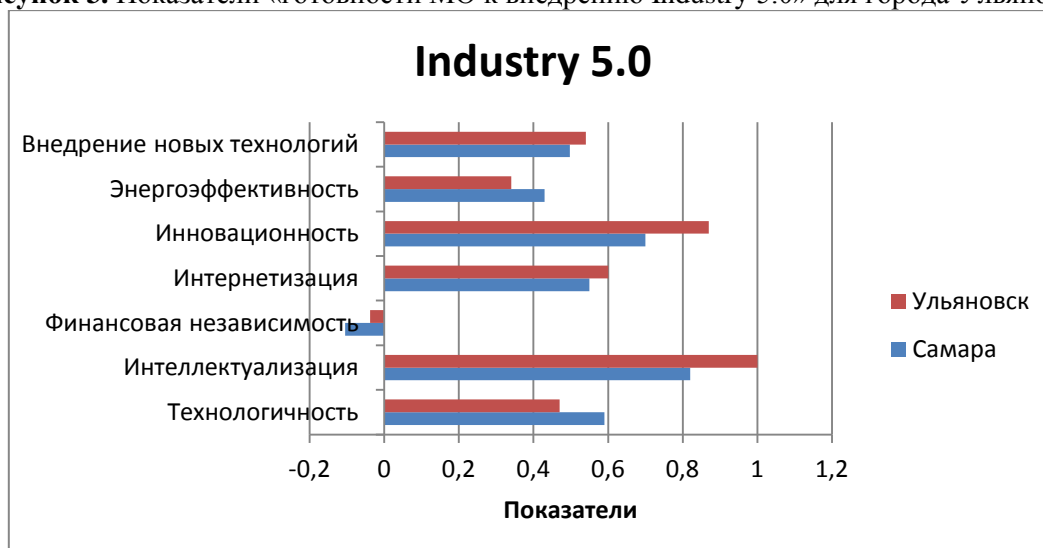


Рисунок 4. Совместные показатели «готовности МО к внедрению Industry 5.0» для городов Самара и Ульяновск.

Для решения представленных выше проблем требуется реализация эффективных управленческих решений, которые позволят муниципальному образованию Самара перейти в группу «готов к внедрению нового технологического уклада Industry 5.0».

Для расчета коэффициентов значимости факторов в регрессионной модели конкурентоспособности по данным частотного анализа используем формулу:

$$\xi_i = x_{ср i} / n,$$

где  $x_{ср i}$  - среднее значение группы факторов,  $n$  – число групп факторов в рассматриваемом исследовании.

Определяем коэффициенты в математической модели конкурентоспособности по данным частотного анализа по формуле:

$$\xi_i = y_{ср i} / m,$$

где  $y_{ср i}$  - среднее значение конкретного фактора,  $m = 5$  - максимальная степень важности фактора. Средние значения групп факторов для конкурентоспособности показаны в таблице 3.

**Таблица 3.** Component Transformation Matrix.

	N	Mean
1_1.Ранг фактора (географический)	15	9,13
1_2.Ранг фактора (природно-ресурсный)	15	7,33
1_3.Ранг фактора (экологический)	14	9,50
1_4.Ранг фактора (промышленного производства)	15	3,47
1_5.Ранг фактора (агропромышленного производства)	15	9,73
1_6.Ранг фактора (социальный)	15	3,60
1_7.Ранг фактора (финансово - экономический)	15	4,80
1_8.Ранг фактора (инфраструктурный)	15	5,07
1_9.Ранг фактора (взаимодействия с органами власти)	15	7,60
1_10.Ранг фактора (инновационный)	15	5,07
1_11.Ранг фактора (инвестиционный)	15	4,53
1_12.Ранг фактора (вхождения МО в Industry 5.0)	15	8,20
Valid N (пропущенные)	14	

Отсюда определяем значения коэффициентов значимости факторов:  $\xi_1 = 9,13/12 = 0,76$ ;  $\xi_2 = 0,61$ ;  $\xi_3 = 0,79$ ;  $\xi_4 = 0,29$ ;  $\xi_5 = 0,81$ ;  $\xi_6 = 0,3$ ;  $\xi_7 = 0,4$ ;  $\xi_8 = 0,42$ ;  $\xi_9 = 0,63$ ;  $\xi_{10} = 0,42$ ;  $\xi_{11} = 0,38$ ;  $\xi_{12} = 0,68$ . В итоге модель конкурентоспособности для МО примет следующий вид:

$$KS = (0,76GF + 0,61PRF + 0,79EF + 0,29PPF + 0,81APF + 0,3GF + \\ + 0,4FEF + 0,42IfF + 0,63UVF + 0,42IF + 0,38InF + 0,68SC).$$

#### 4. Заключение

При дальнейших исследованиях для разработки модели прогнозирования конкурентоспособности территорий должны быть использованы большие объемы потоковых данных в режиме реального времени. Целью данного исследования является разработка моделей и методов принятия управленческих решений на основе прогнозирования конкурентоспособности территорий. К задачам данного исследования относятся: определение факторов конкурентоспособности, разработка модели конкурентоспособности территорий с использованием экспертных оценок, формирование информации по экспертам с применением технологии BIG DATA. К результатам исследования относятся модели принятия управленческих решений по конкурентоспособности территорий с использованием экспертных оценок с использованием технологии BIG DATA [19]. К практическим результатам можно отнести повышение качества и своевременности принятия решений по управлению территориями на основе модели прогнозирования развития области.

#### 5. Благодарности

Данное исследование проводилось в рамках гранта РФФИ 13-06-00085 «Методология управления конкурентоспособностью территорий в процессе инновационного развития социально-экономических систем». Авторы выражают благодарность Министерству образования и науки Самарской области за поддержку в проведении данных исследований.

#### 6. Литература

- [1] Общество 5.0 – японский подход к цифровизации экономического роста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [mitsubishielectric.ru](http://mitsubishielectric.ru) (01.09.2018).
- [2] Лопатников, Л.И. Экономико-математический словарь: словарь современной экономической науки – М.: Дело, 2003. – 520 с.
- [3] Komarevtseva, O.O. Simulation of data for determining the readiness of municipalities to implement smart city technologies // DAMDID/RCDL, 2017. – P. 167-177.
- [4] Khaimovich, I.N. Computer-aided design of blank forging production facilities for aircraft engine compressor blades / I.N. Khaimovich // Russian Aeronautics. – 2014. – Vol. 57(2). – P. 169-174.
- [5] Khaimovich, I.N. Computer-aided engineering of the process of injection molding articles made of composite materials / I.N. Khaimovich, A.I. Khaimovich // Key Engineering Materials. – 2017. – Vol. 746. – P. 269-274.
- [6] Khaimovich, A.I. Methods and Algorithms for Computer-aided Engineering of Die Tooling of Compressor Blades from Titanium Alloy / I.N. Khaimovich, A.I. Khaimovich // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 302(1). – 012062.
- [7] Surkov, O.S. Practice in the application of specialized technologic process patterns of 5-axis machining operation of blade rings of blisks / O.S. Surkov, I.N. Khaimovich, A.I. Khaimovich // Russian Aeronautics (Iz VUZ). – 2016. – Vol. 59(1). – P. 112-117.
- [8] Smelov, V.G. Study of structures and mechanical properties of products manufactured via selective laser sintering of 316L steel powder / V.G. Smelov, A.V. Sotov, A.V. Agapovichev // Chernye Metally. – 2016. – Vol. 9. – P. 61-65.
- [9] Agapovichev, A.V. Study of the structure and mechanical characteristics of samples obtained by selective laser melting technology from VT6 alloy metal powder / A.V. Agapovichev, A.V. Sotov, V.V. Kokareva, V.G. Smelov, R.R. Kyarimov // International Journal of Nanomechanics Science and Technology. – 2017. – Vol. 8 (4). – P. 323-330.
- [10] Grechnikov, F.V. Effect of anisotropic yield criterion on the springback in plane strain pure bending / F.V. Grechnikov, Ya.A. Erisov, S.E. Alexandrov // CEUR Workshop Proceedings. – 2016. – Vol. 1638. – P. 569-577.

- [11] Grechnikov, F.V. Theoretical and experimental study of plastic anisotropy of Al-1Mn alloy taking into account the crystallographic orientation of the structure / F.V. Grechnikov, Y.A. Erisov, S.V. Surudin, V.V. Tereshchenko // *Materials Physics and Mechanics*. – 2018. – Vol. 40 (2). – P. 274-284.
- [12] Grechnikov, F.V. Virtual material model with the given crystallographic orientation of the structure / F.V. Grechnikov, Y.A. Erisov // *Key Engineering Materials*. – 2016. – Vol.684. – P. 134-142.
- [13] Kargin, V.R. Modeling the drawing of round products with counter-tension / V.R. Kargin, S.Y. Kolesnikova, Y.A. Sergeev, B.V. Kargin // *Metallurgist*. – 2015. – Vol. 58(9-10). – P. 904-908.
- [14] Kargin, V.R. Characteristics of large bars extruding using small extrusion ratio / V.R. Kargin, A.Y. Deryabin // *Key Engineering Materials*. – 2016. – Vol. 684. – P. 211-217.
- [15] Demyanenko, E.G. Boundaries of the applicability of the flanging process for obtaining thin-walled conical shells / E.G. Demyanenko, I.P. Popov // *News of Higher Educational Institutions. Aircraft Engineering*. – 2012. – Vol. 4. – P. 60-62.
- [16] Frolov, M.A. Improvement of Technological Process of Multiproduct Production on the Bases of Simulation Modeling of Production Unit / M.A. Frolov, I. N. Haimovich // *Key engineering materials*. – 2016. – Vol. 684. – P. 487-507.
- [17] Geras'kin, M.I. Analysis of Game-Theoretic Models of an Oligopoly Market under Constrains on the Capacity and Competitiveness of Agents / M.I. Geras'kin, A.G. Chkhartishvili // *Automation and Remote Control*. – 2017. – Vol. 78(11). – P. 2025-2038.
- [18] Ramzaev, V.M. Models for forecasting the competitive growth of enterprises due to energy modernization / V.M. Ramzaev, I.N. Khaimovich, P.V. Chumak // *Studies on Russian Economic Development*. – 2015. – Vol. 26(1). – P. 49-54.
- [19] Ramzaev, V.M. Big data analysis for demand segmentation of small business services by activity in region / V.M. Ramzaev, I.N. Khaimovich, P.V. Chumak // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2017. – Vol. 1903. – P. 48-53.



## Data modelling for analysis of readiness of municipal education in Industry 5.0

I.N. Khaimovich<sup>1,2</sup>, V.M. Ramzaev<sup>1</sup>, V.G. Chumak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Samara University of Public Administration “International Market Institute”, G.S. Aksakova street 21, Samara, Russia 443030

<sup>2</sup>Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

**Abstract.** The purpose of the study is to determine the degree of readiness of municipalities in the Samara region to introduce Industry 5.0 technologies. A mathematical model is proposed that allows one to determine the degree of readiness of municipalities of the Samara region to introduce Industry 5.0 technologies with a further increase in the competitiveness of municipalities, select projects that are most suitable for the existing level of preparation of Industry 5.0, and identify the main difficulties in their implementation. The study developed innovative indicators of the readiness of municipalities to enter Industry 5.0. The innovative indicators of the analysis of the preparation of municipalities for entering Industry 5.0 include: the indicator of manufacturability, the introduction of new technologies and others. The scope of the results is extensive. This study will be interesting to scientists involved in digital economics, Big Data management.