

**ПОИСК ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ: РЫНОК ТРУДА И ВЫПУСКНИКИ ВУЗОВ****Анастасия Евгеньевна СУДАКОВА<sup>а\*</sup>, Андрей Федорович ШОРИКОВ<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> кандидат экономических наук, старший научный сотрудник,  
Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ),  
Екатеринбург, Российская Федерация  
a-chusova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3791-1129>  
SPIN-код: 2983-9610

<sup>б</sup> доктор физико-математических наук, профессор,  
Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ),  
Екатеринбург, Российская Федерация  
afshorikov@mail.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 9383-7329

\* Ответственный автор

**История статьи:**

Получена 30.08.2018  
Получена в доработанном  
виде 29.01.2019  
Одобрена 19.02.2019  
Доступна онлайн  
15.03.2019

УДК 31.5  
JEL: J20

**Ключевые слова:**

детерминированный подход,  
рынок труда,  
трудоустройство  
выпускников, высшее  
образование

**Аннотация**

**Предмет.** Проблема занятости выпускников вузов, дисбаланс структуры выпуска по направлениям и по уровням подготовки, несоответствие полученных компетенций потребностям работодателей.

**Цели.** Построение оптимизационной модели структуры выпуска специалистов вузами, учитывающей потребности рынка труда.

**Методология.** В работе применяется детерминированный подход. Построение математической модели для рассматриваемого процесса осуществляется в два этапа. На первом этапе определяется влияние параметров вектора управления на параметры фазового вектора. На втором этапе формируется ограничение на вектор управления (ресурс управления), учитывающее потребности рынка труда в специалистах с высшим образованием и критерии качества (функционалы), позволяющие оценивать количественные и качественные характеристики выпускаемых специалистов.

**Результаты.** Сформировано пять параметров для фазового вектора системы, описывающих потребность в выпускниках по направлениям и по уровню подготовки, и три параметра для вектора управления. Представлена математическая формализация оптимизационной модели структуры выпуска бакалавров, специалистов и магистров.

**Выводы.** Модель позволит оптимизировать выпуск специалистов с ориентацией на потребности рынка труда. Косвенным результатом применения модели может стать снижение доли нетрудоустроенных выпускников и повышение качества подготовки специалистов. Дальнейшее расширение модели предполагается в процессе оптимизации структуры выпусков по укрупненным специальностям.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

**Для цитирования:** Судакова А.Е., Шориков А.Ф. Поиск параметров для детерминированной оптимизационной модели: рынок труда и выпускники вузов // *Региональная экономика: теория и практика*. – 2019. – Т. 17, № 3. – С. 513 – 525.  
<https://doi.org/10.24891/re.17.3.513>

**Введение**

Стремление людей получить высшее образование в современном мире очевидно и в первую очередь связано с возможностью

улучшения материального благополучия. Но в то же время высшее образование стало доступнее, чем когда бы то ни было, вследствие чего оно перестает быть «социальным лифтом» для каждого, его

получившего, так как происходит нарушение баланса между потребностями рынка труда и структурой выпуска вузами по направлениям подготовки.

Во-первых, дисбаланс возникает в структуре по уровню подготовки. Начиная с 1990 г. в России происходит изменение структуры выпуска специалистов по уровням образования. В 1990 г. доля выпуска специалистов и рабочих с начальным профильным и средним специальным образованием в сумме составляла 83% против 17% специалистов с высшим образованием, а к 2017 г. доля выпускников с высшим образованием увеличилась до 58%. При этом смещение происходит за счет подготовки специалистов в области общественных и гуманитарных наук, экономики и управления.

Во-вторых, нарушение баланса происходит из-за некоего несоответствия полученных выпускниками компетенций требованиям рынка труда.

Контекст обозначенной проблемы характерен для большинства стран. Так, исследователи П. Элиз и К. Пурсел<sup>1</sup> отмечают увеличение численности людей с высшим образованием в 3 раза среди мужчин и в 2 раза среди женщин. Также эти исследователи в другой работе<sup>2</sup> обращают внимание на то, что в Великобритании с 1960-х годов действует программа по охвату людей высшим образованием, которая имеет неоднозначный характер, так как увеличивается доля безработных среди выпускников вузов.

Увеличение безработицы среди выпускников университетов отмечается и в Европейском союзе: начиная с периода недавнего финансового кризиса около 1/6 молодых выпускников вузов Греции и Испании остаются безработными, при этом

<sup>1</sup> *Elias P., Purcell K. Measuring Change in the Graduate Labour Market. Employment Studies Research Unit. Research Paper, 2003, no. 1. URL: <https://warwick.ac.uk/fac/soc/ier/research/completed/7yrs2/rp1.pdf>*

<sup>2</sup> *Purcell K., Elias P. Seven Years On: Graduate Careers in a Changing Labour Market. London, The Higher Education Careers Service Unit, 2004, 16 p. URL: [https://warwick.ac.uk/fac/soc/ier/research/completed/7yrs2/seven\\_years\\_on.pdf](https://warwick.ac.uk/fac/soc/ier/research/completed/7yrs2/seven_years_on.pdf)*

наименьший уровень безработицы в 2015 г. среди молодых выпускников был в Германии (8%). Эти факты приведены в работе [1].

Среди основных причин дисбаланса между рынком труда и системой высшего образования отмечаются следующие: несоответствие направлений подготовки потребностям рынка труда (такие доводы выдвигают Дж. Нэмек<sup>3</sup>, С. Нейнеманн и И. Лефнер [2], Н. О'Лири и П. Слоун [3]), превышение предложения над спросом, то есть выпускников больше, чем необходимо рынку<sup>4</sup>. По некоторым оценкам, от безработицы среди молодых специалистов экономика Европы теряет около 1% от ВВП<sup>5</sup>.

Кроме того, можно указать исследования, направленные на определение компетенций выпускников, влияющих на будущую их карьеру и уровень заработной платы (К. Ховоркова<sup>6</sup>, П. Калюкова и Дж. Войтех<sup>7</sup>, С. Рощин и П. Рудаков [4] и др.). Среди таких компетенций выделяют уровень образования (Г. Бекер [5], Т. Шульц [6]), соответствующий опыт работы (С. Кранмер [7]), способности к обучению (М. Спенс [8]), позитивное отношение (Дж. Хиллаг и Е. Поллард<sup>8</sup>) и косвенно воспринимаемые качества, такие как стрессоустойчивость и природные способности (Дж. Альбрехт [9]).

<sup>3</sup> *Němec J. Ze školní lavice na židli státního úřadu. Ekonom, 2013, vol. 15, pp. 35–39.*

<sup>4</sup> *Research of Long-Term Forecasting System of the Labour Market Demand and Analysis of Improvement Options. Riga, University of Latvia. Institute of Development Projects, 2007, vol. XII, 176 p. URL: [http://www.lm.gov.lv/upload/darba\\_tirgus/darba\\_tirgus/petijumi/5\\_pet\\_en.pdf](http://www.lm.gov.lv/upload/darba_tirgus/darba_tirgus/petijumi/5_pet_en.pdf)  
[http://www.lm.gov.lv/upload/darba\\_tirgus/darba\\_tirgus/petijumi/5\\_pet\\_en.pdf](http://www.lm.gov.lv/upload/darba_tirgus/darba_tirgus/petijumi/5_pet_en.pdf)*

<sup>5</sup> *Generation Jobless. URL: <https://www.economist.com/news/international/21576657-around-world-almost-300m-15-24-year-olds-are-not-working-what-has-caused>*

<sup>6</sup> *Hovorková K. Jak se také pozná krize: Absolventi se spokojí s nižším platem. URL: [https://finance.idnes.cz/absolventi-zadaji-mene-penez-di2-podnikani.aspx?c=A120927\\_1834340\\_podnikani\\_zuk](https://finance.idnes.cz/absolventi-zadaji-mene-penez-di2-podnikani.aspx?c=A120927_1834340_podnikani_zuk)*

<sup>7</sup> *Kaloušková P., Vojtěch J. Potřeby zaměstnavatelů a připravenost absolventů škol-souhrnný pohled. Praha, Národní ústav odborného vzdělávání, 2008, 48 p.*

<sup>8</sup> *Hillage J., Pollard E. Employability: Developing a Framework for Policy Analysis. Research Brief, 1998, no. 85. URL: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130402091826/https://www.education.gov.uk/publications/eOrderingDownload/RB85.pdf>*

Однако результаты других исследований показывают, что существует разрыв между навыками, приобретенными в университете, с навыками, требуемыми работодателями (С. Кранмер [7], Л. Девис [10], Д. Финн [11], С. Линдсей [12]).

Наибольший интерес авторов статьи вызывают инструментарии оптимизации структуры выпуска университетами с ориентацией на потребности рынка труда в целях снижения уровня безработицы. В российской и зарубежной литературе представлены модели прогнозирования потребностей экономики в кадрах с профессиональным образованием. Однако большинство представленных моделей не учитывают особенности высшего образования и не отвечают на вопрос о возможном трудоустройстве специалистов с высшим образованием.

### Подходы и модели для построения баланса на рынке труда

Существуют разнообразные модели Бюро статистики труда США (BLS), с помощью которых оценивается уровень безработицы, прогнозируется занятость<sup>9</sup>. В работе экономиста Д. Хекера представлены прогнозы профессиональной занятости по отраслям экономики и уровню образования [13]. Важнейшую проблему исследуют австралийские ученые<sup>10</sup>, прогнозируя спрос на рабочую силу с акцентом на профессиональные навыки [14]. Подобные исследования проводились британскими (модель MDM)<sup>11</sup> и немецкими учеными (модели INFORGE и Ifo)<sup>12</sup>.

<sup>9</sup> BLS Handbook of Methods. Washington, Bureau of Labor Statistics, 1997. URL: [https://web.archive.library.unt.edu/eot2008/20081105070246/http://www.bls.gov/pub/hom/homtoc\\_pdf.htm](https://web.archive.library.unt.edu/eot2008/20081105070246/http://www.bls.gov/pub/hom/homtoc_pdf.htm)

<sup>10</sup> Rimmer M.T., Dixon P.B. Forecasting and Policy Analysis with a Dynamic CGE Model of Australia. Centre of Policy Studies and the Impact Project. *Preliminary Working Paper*, 1998, no. OP-90. URL: <http://www.copsmodels.com/ftp/workpaper/op-90.pdf>

<sup>11</sup> Junankar S., Lofsnaes O., Summerton P. MDM-E3: A Short Technical Description. *Cambridge Econometrics. Working Paper*, 2007, March, 62 p.

<sup>12</sup> Lutz C., Distelkamp M., Meyer B., Wolter M.I. Forecasting the Interindustry Development of the German Economy: The Model INFORGE. *GWS Discussion Paper*, 2003, no. 2. URL: [https://www.researchgate.net/publication/237446064\\_Forecasting\\_the\\_Interindustry\\_Development\\_of\\_the\\_German\\_Economy\\_The\\_Model\\_INFORGE](https://www.researchgate.net/publication/237446064_Forecasting_the_Interindustry_Development_of_the_German_Economy_The_Model_INFORGE)

Представленные модели используют эконометрические и статистические методы. Входным параметром служит прогноз валового внутреннего продукта.

Особое внимание следует обратить на эконометрическую модель П. Готтшалька и М. Хансена [15], описывающую возможную занятость выпускников. Основная идея модели состоит в балансе между сектором 1, в котором трудоустроены специалисты с высшим образованием, и сектором 2, где заняты специалисты со средним специальным образованием. При этом выпускники вузов могут быть заняты как в 1, так и во 2 секторе.

Равновесие между секторами 1 и 2 в данной модели задается через изменение заработной платы. Индикатором баланса является показатель уровня безработицы среди выпускников вузов. Некоторые из них предпочитают работу в секторе 2 при условии, что оплата труда в этом секторе будет выше, однако возможно перемещение выпусков, которые уже трудоустроены в секторе 2, в сектор 1 при условии, что их заработная плата возрастет.

Модель П. Готтшалька и М. Хансена лишь адаптирована под поиск баланса между специалистами с различным уровнем образования, однако основной постулат уравнения заработной платы использован в более ранних моделях (Г. Берг и Г. Риддер [16], Дж Альбрехт и Б. Акселл [17]).

Другим типом моделей, которые могут быть применены для оптимизации занятости на рынке труда людей с различным уровнем образования, являются динамические модели. Однако среди существующих моделей основным уравнивающим показателем является, как и в предыдущей эконометрической модели, заработная плата.

Среди динамических моделей наиболее интересный подход представлен в работе Х. Юань и С. Фан<sup>13</sup>. Исследователи пришли к

<sup>13</sup> Yuan H.G., Fan S.K. The Graduate Labor Market Adjustment after Higher Education Expansion-Dynamic and Empirical Analyses Based on the Cobweb Model. International Conference on Education Science and Management Engineering. Beijing, 2011, pp. 2363–2367.

выводу, что получение высшего образования не обязательно приводит к снижению доходов выпускников – на доход в большей степени влияет изменение спроса.

Другая динамическая модель, с помощью которой строится баланс на рынке труда, представлена в работе [18]. В модели учитывается характер изменений в неравенстве заработной платы среди различных категорий работников.

Применение динамического моделирования к оценке уровня безработицы также представлено в работе Д. Солера [26]. Он описывает стохастическую динамическую математическую модель для изучения изменений уровня безработицы и других соответствующих связанных переменных в стране. В модели учтены демографическая и экономическая подсистемы, а также благосостояние (все подсистемы взаимосвязаны). Ключевым аспектом модели является то, что она одновременно рассматривает три переменных благосостояния: Индекс человеческого развития, Индекс степени реализации прав и возможностей, Индекс гендерной дифференциации. Эти переменные включают ключевые концепции человеческого развития: здравоохранение, образование, экономика и занятость женщин.

Среди современных моделей российского рынка труда наиболее известными являются работы А.Г. Коровкина<sup>14</sup>, методика определения потребностей рынка труда, разработанная в Российском экономическом университете им. Г.В. Плеханова<sup>15</sup>, а также методика макроэкономического прогнозирования потребностей экономики в кадрах, разработанная Центром бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета [19]<sup>16</sup>.

<sup>14</sup> Коровкин А.Г. Балансы движения населения и трудовых ресурсов и моделирование на их основе // Экономика и математические методы. 1989. Т. 25. № 2. С. 260–269.

<sup>15</sup> Косоруков О.А., Мусихин С.Н., Макаров А.Н., Мысина К.А. Комплексный подход моделирования рынка труда // Плехановский научный бюллетень. 2012. № 1. С. 71–80.

<sup>16</sup> Макроэкономическая методика прогнозирования. URL: <http://www.labourmarket.ru/metodika/metodika-03>

В основе построения модели ПетрГУ лежит динамическое моделирование, а главный постулат равновесия рынка труда заключается в том, что разность между входящим и выходящим потоками кадров должна быть минимальной. Модель учитывает производительность труда – отношение валовой добавленной стоимости по 28 видам экономической деятельности к средней численности работников по данным видам, из которого определяется средняя численность работников. При переходе от ОКОНХ к ОКВЭД нормативно матричный подход сохраняется с учетом изменения строк матрицы профессионально-квалифицированного соответствия, то есть замены в них отраслей народного хозяйства и промышленности на виды экономической деятельности [20].

В модели А.Б. Паниюковой [21] использован алгоритм интервального анализа временных рядов, и суть модели заключается в том, что разность между выпуском специалистов с различным уровнем образования и потребностью в этих специалистах должна быть сведена к минимуму. При этом потребность в специалистах определяется незамысловато, и рассчитывается исходя из уравнения регрессии зависимости производительности труда от инвестиций. Модель по логике построения близка к модели ПетрГУ.

Исследователь Н.Н. Муравьева [22] для построения модели регулирования выпуска специалистов с высшим профессиональным образованием с учетом потребностей экономики региона использует эконометрические методы. Построение модели осуществлялось путем проведения факторного анализа, то есть отбора значимых параметров, влияющих на конечный показатель – трудоустройство выпускников в течение года после окончания обучения. После определения значимых параметров Н.Н. Муравьева выполняет на их основе корреляционно-регрессионный анализ: описывает корреляционные взаимосвязи и строит регрессионное уравнение для

определения значимости каждого из выявленных факторов.

Далее в статье представлена адаптация динамической модели [23] для оптимизации структуры выпуска под потребности рынка труда.

### Динамическая модель программного управления структурой выпуска специалистов

С целью определения параметров модели для рассматриваемого процесса подготовки специалистов авторы сформулировали следующие задачи:

- сформулировать критерии, связанные с уровнем подготовки выпускников вузов и потребностями рынка в новых специалистах;
- сформировать фазовый вектор рассматриваемого процесса;
- сформировать вектор управления рассматриваемым процессом, построить матрицу его преобразования.

В табл. 1, 2 представлены показатели, формирующие фазовый вектор и вектор управления. Авторы определили, что фазовый вектор (вектор состояния объекта) описывают два типа параметров: потребность в выпускниках вузов по видам специальности и по уровню подготовки.

Так как в работе применяется детерминированный подход, требующий формирования однозначных целевых установок, авторы обозначили следующие три цели:

- минимизировать число нетрудоустроенных выпускников;
- минимизировать расхождения между числом поступивших и числом окончивших обучение студентов;
- максимизировать число поощрительных документов у студентов.

Далее представлена математическая формализация оптимизационной модели

структуры выпуска бакалавров, специалистов и магистров вузами с ориентацией на потребности рынка труда.

На целочисленном промежутке времени  $\overline{0, T} = \{0, 1, K, T\}$  ( $T \in \mathbb{N}$ ). Здесь и далее  $\mathbb{N}$  есть множество всех натуральных чисел. Модель динамики рассматриваемого процесса программного управления структурой выпуска специалистов (ПУСВС) формируется в виде системы линейных дискретных рекуррентных уравнений:

$$x(t+1) = A(t)x(t) + B(t)u(t),$$

$$x(0) = x_0, \quad t \in \overline{0, T-1}, \quad (1)$$

где  $x(t) = \{x_1(t), x_2(t), K, x_n(t)\} \in \mathbb{R}^n$  – фазовый вектор системы ( $n \in \mathbb{N}$ );

$u(t) = \{u_1(t), u_2(t), K, u_p(t)\} \in \mathbb{R}^p$  – вектор управляющего воздействия (управления) ( $n \in \mathbb{N}$ ). Здесь и далее  $\mathbb{R}^k$  есть  $k$ -мерное векторное (евклидово) пространство векторов-столбцов.

Для определения основных параметров, характеризующих динамику рассматриваемого процесса, то есть формирования элементов матриц  $A(t)$  и  $B(t)$ , необходимо описать информационные возможности субъекта управления  $P$  в процессе программного управления [23, 24] рассматриваемой динамической системой.

Предполагается, что по ходу реализации процесса программного управления СВС и фиксированного натурального числа  $s \gg T > 0$  в каждый момент времени  $t \in \overline{1-T}$  субъект управления имеет следующие информационные возможности, соответствующие реализациям фазового вектора системы, управляющего воздействия и вектора рисков на целочисленном промежутке времени  $\overline{-s, t}$ , предшествующем рассматриваемому процессу управления:

- известна история реализации фазового вектора системы
 
$$x_t(\cdot) = (x_1(\cdot)_t, x_2(\cdot)_t, K, x_7(\cdot)_t) =$$

$$= \{(x_1(\tau), x_2(\tau), K, x_7(\tau))\}_{\tau \in \overline{-s, t}} = ;$$

$$= \{x(\tau)\}_{\tau \in \overline{-s, t}}$$

– известна история реализации управляющего воздействия системы  

$$u_t(\cdot) = (u_1(\cdot)_t, u_2(\cdot)_t, u_3(\cdot)_t, u_4(\cdot)_t) =$$

$$= \{(u_1(\tau), u_2(\tau), u_3(\tau), u_4(\tau))\}_{[\tau \in \overline{-s, t-1}]} =$$

$$= \{u(\tau)\}_{[\tau \in \overline{-s, t-1}]}$$

Поскольку переменные фазового вектора и вектора управления независимы между собой (не могут быть выражены одна через другую), то для построения системы рекуррентных уравнений (1), то есть для формирования матриц  $A(t)$  и  $B(t)$ , можно воспользоваться, например, инструментариумом регрессионно-корреляционного анализа или алгоритмом, основанным на решении систем линейных алгебраических уравнений, использующих данные об истории процесса. Для этого была сформирована база данных о деятельности российских вузов.

На основе имеющихся данных была решена задача апостериорной идентификации [23, 24] всех основных элементов дискретной динамической системы (1), то есть были сформированы элементы матриц  $A(t)$  и  $B(t)$ .

В результате решения этой задачи матрицы  $A(t)$  и  $B(t)$  имеют конкретный вид, и тогда система (1) описывает динамику рассматриваемого процесса ПУСВС.

Далее на основании имеющихся условий о реализации параметров динамической системы (1) формируем следующие ограничения, определяющие области их допустимых значений:

$$\forall t \in \overline{0, T}: x(t) \in X_1(t) \subset R^n,$$

$$X_1(t) = \{x(t):$$

$$x(t) = \{x_1(t), x_2(t), K, x_n(t) \in R^p, \forall i \in \overline{1, n}, x_i(t) \in \Delta x_i(t)\} \quad (2),$$

где  $\Delta x_i(t)$  – замкнутый числовой отрезок; то есть в каждый момент времени  $t \in \overline{0, T}$  значения фазового вектора рассматриваемой динамической системы ограничены соответствующим многогранником (параллелепипедом) в пространстве;

$$\forall t \in \overline{0, T-1}: u(t) \in U_1(t) \subset R^p,$$

$$U_1(t) = \{u(t):$$

$$u(t) \in \{u^{(1)}(t), u^{(2)}(t), L, u^{(N)}(t)\},$$

$$\forall i \in \overline{1, N}, u^{(i)}(t) =$$

$$= \{u_1^{(i)}(t), u_2^{(i)}(t), K, u_p^{(i)}(t) \in U_*\{(t)\},$$

$$U_*(t) = \{u(t):$$

$$u(t) = \{u_1(t), u_2(t), K, u_p(t) \in R^p, \forall i \in \overline{1, p}, u_i(t) \in \Delta u_i(t)\} \quad (3),$$

где  $\Delta u_i(t) \subset R^1$  – конечный набор чисел;  $U_1(t)$  для каждого  $t \in \overline{0, T-1}$  есть конечное множество векторов – различных значений интенсивности управления рассматриваемым процессом ПУСВС, то есть конечный набор, состоящий из  $N_t (N_t \in N)$  векторов в  $R^p$ .

Предполагается, что субъекту управления  $P$  рассматриваемым процессом ПУСВС также известны уравнение (1) и ограничения (2), (3).

Рассматриваемый процесс ПУСВС оценивается значением векторного функционала (критерия качества)  $\Phi = (\Phi_1, \Phi_2, K, \Phi)$  (причем  $\forall i \in \overline{1, r}, \Phi_i: R^n \rightarrow R^1$  есть скалярный функционал), определенного на возможных реализациях финального состояния траектории  $x(T) = \bar{x}(T, \overline{0, T}, x(0), u(\cdot)) \in R^n$  системы (1) на промежутке времени  $\overline{0, T}$ , порожденной набором  $(x(0), u(\cdot))$ , удовлетворяющим в соответствии с ограничениями (1–3) следующим условиям:

$$\forall t \in \overline{0, T}: x(t) = \bar{x}(T, \overline{0, T}, x(0), u(\cdot), v(\cdot)) \in X_1(t),$$

$$u(\cdot) = \{u(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}}, \forall t \in \overline{0, T-1}: u(t) \in U_1(t).$$

Значения этого векторного функционала, в соответствии с методом скаляризации векторных функционалов [33], вычисляются по формулам:

$$\Phi(\bar{x}(T, \overline{0, T}, x(0), u(\cdot))) =$$

$$= \Phi(x(T)) = \sum_{i=1}^r \lambda_i \Phi_i(x(T)) \quad (4)$$

$$\forall i \in \overline{1, r}: \gamma_i \geq 0, \sum_{i=1}^r \gamma_i = 1 \quad (5)$$

Для систем (1–5) цель программного УСВС с точки зрения субъекта управления  $P$  может быть сформулирована таким образом: на заданном промежутке времени  $\overline{0, T}$  требуется, чтобы субъект управления  $P$  сформировал такое программное управление  $u^{(e)}(\cdot) = \{u^{(e)}(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}}$  для

всех  $t \in \overline{0, T-1}$ :  $u(t) \in U_1(t)$ , чтобы было минимальным (максимальным) значение функционала  $\Phi$ , определенного на соответствующей реализации траектории  $x^{(e)}(T) = \bar{x}(T, \overline{0, T}, x(0), u^{(e)}(\cdot)) \in R^n$  системы (1).

Общая схема решения сформулированной задачи оптимизации программного УСВС на заданный момент времени  $T$  состоит из решения следующих трех основных задач:

- задачи идентификации динамики рассматриваемого процесса, то есть формирования параметров дискретной динамической системы вида (1);
- задачи вычисления значения функционала (4) для фиксированного программного управления;
- задачи формирования оптимального программного управления  $u^{(e)}(\cdot) = \{u^{(e)}(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}}$  для рассматриваемой оптимизационной задачи ПУСВС.

Для решения задачи идентификации динамики системы предлагается использовать итерационный алгоритм, сочетающий процедуру решения многомерных систем алгебраических уравнений и среднеквадратичной интерполяции исходных данных.

### Заключение

О необходимости оптимизации структуры выпуска специалистов с высшим образованием свидетельствуют увеличение доли безработных среди выпускников вузов, критика со стороны работодателей к качеству компетенций, приобретенных молодыми специалистами. Решение проблем в этой отрасли экономики решается на уровне политики государства (например, путем снижения количества бюджетных мест по не востребованным для экономики специальностям), экспертного сообщества

(разработка профессиональных стандартов), научного сообщества (проведение исследований о выявлении необходимого набора компетенций у выпускников вуза для трудоустройства, разработка оптимизационных моделей).

Одна из целей данной работы – внести вклад в развитие методического подхода к определению структуры оптимизации потребностей рынка труда в выпускниках вузов.

Авторами предложена детерминированная оптимизационная модель, в рамках которой определяется влияние на параметры фазового вектора (показатели, описывающие состояние системы) параметров вектора управления (показателей, позволяющих управлять системой), а также формируется ограничение на вектор управления. Выделены следующие параметры, определяющие вектор  $x(t)$  – фазовый вектор: количество студентов по образовательным программам высшего профессионального образования (специальностям), количество безработных специалистов с высшим образованием (по специальностям). Основными параметрами управления структурой выпуска специалистов с высшим образованием, то есть параметрами вектора  $u(t)$ , являются средняя заработная плата по специальностям в регионе, количество бюджетных мест, средний балл ЕГЭ для поступления (по специальностям).

Применение данной модели позволит оптимизировать выпуск специалистов с ориентацией на потребности рынка труда. На основе полученных результатов возможна разработка мероприятий по корректировке образовательных траекторий обучающихся в части набора компетенций. Косвенным результатом применения модели может стать снижение доли нетрудоустроенных выпускников и повышение качества подготовки специалистов.

**Таблица 1****Список показателей для формирования матрицы фазового вектора****Table 1****A list of indicators to form the phase vector matrix**

<b>Потребности</b>	<b>Показатели</b>
Потребность в выпускниках по направлениям подготовки	Количество студентов, закончивших вуз по программам бакалавриата очной формы обучения Удельный вес выпускников, трудоустроившихся в течение календарного года, следующего за годом выпуска, в общей численности выпускников образовательной организации, обучавшихся по основным образовательным программам высшего образования
Потребность в выпускниках по уровням подготовки	Средний балл диплома по специальностям (по институтам) Количество студентов на одного сотрудника профессорско-преподавательского состава (далее ППС); количество студентов на количество полных ставок ППС. Рассчитывается на основе показателей: количество студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета (очная форма обучения), количество полных ставок ППС Доля студентов, активно участвующих в образовательной и исследовательской деятельности. Рассчитывается на основе показателей: количество медалей, дипломов, грамот, полученных на выставках и конкурсах за лучшую научно-исследовательскую работу; количество научных публикаций (общее количество публикаций с участием студентов; количество публикаций без соавторов – сотрудников вуза); количество охраняемых документов на объекты интеллектуальной собственности, полученных студентами

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 2****Список показателей для формирования матрицы вектора управления****Table 2****A list of indicators to form the control vector matrix**

<b>Значимость показателя</b>	<b>Показатели</b>
1	Средний балл ЕГЭ студентов, принятых на обучение по программам бакалавриата и специалитета, по всем формам обучения
2	Доля бюджетных мест
3	Количество именных стипендиатов

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Список литературы**

1. Kačerová E. Risk Factors of Young Graduates in the Competitive E.U. Labour Market at the End of the Current Economic Crisis. *Journal of Competitiveness*, 2016, vol. 8, iss. 3, pp. 38–51. URL: <https://doi.org/10.7441/joc.2016.03.03>
2. Hennemann S., Liefner I. Employability of German Geography Graduates: The Mismatch between Knowledge Acquired and Competences Required. *Journal of Geography in Higher Education*, 2010, vol. 34, iss. 2, pp. 215–230. URL: <https://doi.org/10.1080/03098260903227400>

3. O'Leary N., Sloane P. Too Many Graduates? An Application of the Gottschalk-Hansen Model to Young British Graduates between 2001–2010. *Oxford Economic Papers*, 2016, vol. 68, iss. 4, pp. 945–967. URL: <https://doi.org/10.1093/oenp/gpw027>
4. Roshchin S., Rudakov V. Do Graduates Wages Measure the Quality of Education? A Review of Existing Studies. *Educational Studies*, 2015, no. 1, pp. 137–181. URL: <https://publications.hse.ru/en/articles/163616945>
5. Becker G.S. Human Capital – A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. Chicago, University of Chicago Press, 1993, 412 p. URL: <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226041223.001.0001>
6. Schultz T.W. Investment in Human Capital. *The American Economic Review*, 1961, vol. 51, no. 1, pp. 1–17. URL: <https://ssc.wisc.edu/~walker/wp/wp-content/uploads/2012/04/schultz61.pdf>
7. Cranmer S. Enhancing Graduate Employability: Best Intentions and Mixed Outcomes. *Studies in Higher Education*, 2006, vol. 31, iss. 2, pp. 169–184. URL: <https://doi.org/10.1080/03075070600572041>
8. Spence M.A. Market Signaling: Informational Transfer in Hiring and Related Screening Processes. Cambridge, Harvard University Press, 1974, 224 p.
9. Albrecht J.W. A Procedure for Testing the Signaling Hypothesis. *Journal of Public Economics*, 1981, vol. 15, iss. 1, pp. 123–132. URL: [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(81\)90057-8](https://doi.org/10.1016/0047-2727(81)90057-8)
10. Davies L. Why Kick the 'L' out of 'LEarning'? The Development of Students' Employability Skills through Part-Time Working. *Education + Training*, 2000, vol. 42, iss. 8, pp. 436–445. URL: <https://doi.org/10.1108/00400910010379961>
11. Finn D. From Full Employment to Employability: A New Deal for Britain's Unemployed? *International Journal of Manpower*, 2000, vol. 21, iss. 5, pp. 384–399. URL: <https://doi.org/10.1108/01437720010377693>
12. Lindsay C. Long-Term Unemployment and the “Employability Gap”: Priorities for Renewing Britain's New Deal. *Journal of European Industrial Training*, 2002, vol. 26, iss. 9, pp. 411–419. URL: <https://doi.org/10.1108/03090590210451506>
13. Hecker D.E. Occupational Employment Projections to 2014. *Monthly Labor Review*, 2005, vol. 128, no. 11, pp. 70–101. URL: <https://www.bls.gov/opub/mlr/2005/11/art5full.pdf>
14. Richardson S., Tan Y. Forecasting Future Demands: What we Can and Cannot Know. *Australian Bulletin of Labour*, 2008, vol. 34, no. 2, pp. 154–191. URL: <http://hdl.handle.net/2328/26249>
15. Gottschalk P., Hansen M. Is the Proportion of College Workers in Noncollege Jobs Increasing? *Journal of Labor Economics*, 2003, vol. 21, no. 2, pp. 449–471. URL: <https://doi.org/10.1086/345564>
16. Gerard J. van den Berg, Ridder G. An Empirical Equilibrium Search Model of the Labor Market. *Econometrica*, 1998, vol. 66, iss. 5, pp. 1183–1221. URL: <https://doi.org/10.2307/2999634>
17. Albrecht J.W., Axell B. An Equilibrium Model of Search Unemployment. *Journal of Political Economy*, 1984, vol. 92, no. 5, pp. 824–840. URL: <https://doi.org/10.1086/261260>
18. Lee D., Wolpin K.I. Accounting for Wage and Employment Changes in the US from 1968–2000: A Dynamic Model of Labor Market Equilibrium. *Journal of Econometrics*, 2010, vol. 156, iss. 1, pp. 68–85. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2009.09.008>

19. Soler D., Sanz M.T., Caselles A., Micó J.C. A Stochastic Dynamic Model to Evaluate the Influence of Economy and Well-Being on Unemployment Control. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2018, vol. 330, pp. 1063–1080. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2017.04.033>
20. Гуртов В.А., Питухин Е.А., Серова Л.М. Моделирование потребностей экономики в кадрах с профессиональным образованием // Проблемы прогнозирования. 2007. № 6. С. 91–109. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/modelirovanie-potrebnostey-ekonomiki-v-kadrah-s-professionalnym-obrazovaniem>
21. Панюкова А.Б. Исследование математической модели динамики показателей регионального рынка труда // Известия Алтайского государственного университета. 2011. № 1-1. С. 113–116. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-matematicheskoy-modeli-dinamiki-pokazateley-regionalnogo-rynka-truda>
22. Муравьева Н.Н. Разработка модели регулирования выпуска специалистов с высшим профессиональным образованием с учетом потребности экономики региона (на примере Волгоградской области) // Региональная экономика: теория и практика. 2009. Т. 7. Вып. 36. С. 47–53. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/razrabotka-modeli-regulirovaniya-vypuska-spetsialistov-s-vysshim-professionalnym-obrazovaniem-s-uchetom-potrebnostey-ekonomiki>
23. Шориков А.Ф. Минимаксное оценивание и управление в дискретных динамических системах. Екатеринбург: УрГУ, 1997. 242 с.
24. Шориков А.Ф. Алгоритм решения задачи оптимального терминального управления в линейных дискретных динамических системах. В кн.: Информационные технологии в экономике: теория, модели и методы. Сборник научных трудов. Екатеринбург: УрГЭУ, 2005. С. 119–138.

#### **Информация о конфликте интересов**

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## SEARCH FOR PARAMETERS FOR A DETERMINISTIC OPTIMIZATION MODEL: LABOR MARKET AND HIGHER-ED GRADUATES

Anastasiya E. SUDAKOVA <sup>a\*</sup>, Andrei F. SHORIKOV <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin (UrFU),  
Yekaterinburg, Russian Federation  
a-chusova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3791-1129>

<sup>b</sup> Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin (UrFU),  
Yekaterinburg, Russian Federation  
afshorikov@mail.ru  
ORCID: not available

\* Corresponding author

### Article history:

Received 30 August 2018  
Received in revised form  
29 January 2019  
Accepted 19 February 2019  
Available online  
15 March 2019

**JEL classification:** J20

**Keywords:** deterministic  
approach, optimization, higher  
education, labor market

### Abstract

**Subject** This article considers the issues of employment of graduates of universities, imbalance of graduation structure by program and level of training, and also the mismatch between the acquired competences and the requirements of employers.

**Objectives** The article aims to develop an optimization model of graduation structure focused on the labor market needs.

**Methods** To resolve the problem, we used the deterministic and mathematical model approaches.

**Results** The article presents a mathematical formalization of the optimization model of the structure of graduation of Bachelors, Specialists and Masters, which takes into account the labor market demands.

**Conclusions** The presented model can help optimize the production of specialists oriented to the labor market requirements. The indirect result of the model application may be a decrease in the percentage of unemployed graduates and improvement of the quality of graduates training. Further model extension is supposed in the process of optimization of the structure of graduation on the enlarged specialties considering the same market requirements and criteria.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

**Please cite this article as:** Sudakova A.E., Shorikov A.F. Search for Parameters for a Deterministic Optimization Model: Labor Market and Higher-Education Graduates. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2019, vol. 17, iss. 3, pp. 513–525. <https://doi.org/10.24891/re.17.3.513>

## References

1. Kačerová E. Risk Factors of Young Graduates in the Competitive E.U. Labour Market at the End of the Current Economic Crisis. *Journal of Competitiveness*, 2016, vol. 8, iss. 3, pp. 38–51. URL: <https://doi.org/10.7441/joc.2016.03.03>
2. Hennemann S., Liefner I. Employability of German Geography Graduates: The Mismatch between Knowledge Acquired and Competences Required. *Journal of Geography in Higher Education*, 2010, vol. 34, iss. 2, pp. 215–230. URL: <https://doi.org/10.1080/03098260903227400>
3. O'Leary N., Sloane P. Too Many Graduates? An Application of the Gottschalk-Hansen Model to Young British Graduates between 2001–2010. *Oxford Economic Papers*, 2016, vol. 68, iss. 4, pp. 945–967. URL: <https://doi.org/10.1093/oenp/gpw027>

4. Roshchin S., Rudakov V. Do Graduates Wages Measure the Quality of Education? A Review of Existing Studies. *Educational Studies*, 2015, no. 1, pp. 137–181.  
URL: <https://publications.hse.ru/en/articles/163616945>
5. Becker G.S. Human Capital – A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. Chicago, University of Chicago Press, 1993, 412 p.  
URL: <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226041223.001.0001>
6. Schultz T.W. Investment in Human Capital. *The American Economic Review*, 1961, vol. 51, no. 1, pp. 1–17. URL: <https://ssc.wisc.edu/~walker/wp/wp-content/uploads/2012/04/schultz61.pdf>
7. Cranmer S. Enhancing Graduate Employability: Best Intentions and Mixed Outcomes. *Studies in Higher Education*, 2006, vol. 31, iss. 2, pp. 169–184.  
URL: <https://doi.org/10.1080/03075070600572041>
8. Spence M.A. Market Signaling: Informational Transfer in Hiring and Related Screening Processes. Cambridge, Harvard University Press, 1974, 224 p.
9. Albrecht J.W. A Procedure for Testing the Signaling Hypothesis. *Journal of Public Economics*, 1981, vol. 15, iss. 1, pp. 123–132. URL: [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(81\)90057-8](https://doi.org/10.1016/0047-2727(81)90057-8)
10. Davies L. Why Kick the ‘L’ out of ‘LEarning’? The Development of Students' Employability Skills through Part-Time Working. *Education + Training*, 2000, vol. 42, iss. 8, pp. 436–445.  
URL: <https://doi.org/10.1108/00400910010379961>
11. Finn D. From Full Employment to Employability: A New Deal for Britain's Unemployed? *International Journal of Manpower*, 2000, vol. 21, iss. 5, pp. 384–399.  
URL: <https://doi.org/10.1108/01437720010377693>
12. Lindsay C. Long-Term Unemployment and the “Employability Gap”: Priorities for Renewing Britain's New Deal. *Journal of European Industrial Training*, 2002, vol. 26, iss. 9, pp. 411–419.  
URL: <https://doi.org/10.1108/03090590210451506>
13. Hecker D.E. Occupational Employment Projections to 2014. *Monthly Labor Review*, 2005, vol. 128, no. 11, pp. 70–101. URL: <https://www.bls.gov/opub/mlr/2005/11/art5full.pdf>
14. Richardson S., Tan Y. Forecasting Future Demands: What we Can and Cannot Know. *Australian Bulletin of Labour*, 2008, vol. 34, no. 2, pp. 154–191. URL: <http://hdl.handle.net/2328/26249>
15. Gottschalk P., Hansen M. Is the Proportion of College Workers in Noncollege Jobs Increasing? *Journal of Labor Economics*, 2003, vol. 21, no. 2, pp. 449–471.  
URL: <https://doi.org/10.1086/345564>
16. Gerard J. van den Berg, Ridder G. An Empirical Equilibrium Search Model of the Labor Market. *Econometrica*, 1998, vol. 66, iss. 5, pp. 1183–1221. URL: <https://doi.org/10.2307/2999634>
17. Albrecht J.W., Axell B. An Equilibrium Model of Search Unemployment. *Journal of Political Economy*, 1984, vol. 92, no. 5, pp. 824–840. URL: <https://doi.org/10.1086/261260>
18. Lee D., Wolpin K.I. Accounting for Wage and Employment Changes in the US from 1968–2000: A Dynamic Model of Labor Market Equilibrium. *Journal of Econometrics*, 2010, vol. 156, iss. 1, pp. 68–85. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2009.09.008>
19. Soler D., Sanz M.T., Caselles A., Micó J.C. A Stochastic Dynamic Model to Evaluate the Influence of Economy and Well-Being on Unemployment Control. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2018, vol. 330, pp. 1063–1080. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2017.04.033>

20. Gurtov V.A., Pitukhin E.A., Serova L.M. [Modeling the needs of the economy in personnel with professional education]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2007, no. 6, pp. 91–109. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/modelirovanie-potrebnostey-ekonomiki-v-kadrah-s-professionalnym-obrazovaniem> (In Russ.)
21. Panyukova A.B. [Researching mathematical model of the regional labor market dynamic indicators]. *Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta = Izvestiya of Altai State University*, 2011, no. 1-1, pp. 113–116. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-matematicheskoy-modeli-dinamiki-pokazateley-regionalnogo-rynka-truda> (In Russ.)
22. Murav'eva N.N. [Development of a model of regulation of production of specialists with higher professional education taking into account the needs of the region's economy: the Volgograd Oblast case study]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2009, vol. 7, iss. 36, pp. 47–53. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/razrabotka-modeli-regulirovaniya-vypuska-spetsialistov-s-vyshhim-professionalnym-obrazovaniem-s-uchetom-potrebnostey-ekonomiki> (In Russ.)
23. Shorikov A.F. *Minimaksnoe otsenivanie i upravlenie v diskretnykh dinamicheskikh sistemakh: monografiya* [Minimax estimate and control in discrete dynamic systems: a monograph]. Yekaterinburg, UrSU Publ., 1997, 242 p.
24. Shorikov A.F. *Algoritm resheniya zadachi optimal'nogo terminal'nogo upravleniya v lineinykh diskretnykh dinamicheskikh sistemakh. V kn.: Informatsionnye tekhnologii v ekonomike: teoriya, modeli i metody. Sbornik nauchnykh trudov* [An algorithm of solving the problem of optimal terminal control in linear discrete dynamic systems. In: Information technology in economics: theory, models, and methods. Collection of scientific works]. Yekaterinburg, USUE Publ., 2005, pp. 119–138.

### **Conflict-of-interest notification**

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.