

Вестник ЦЭМИ 2013-2022
ISSN 2079-8784
URL - <http://ras.jes.su>
1
2022
Все права защищены
Выпуск 1 Том 5. 2022

ISSN 2079-8784
Свидетельство о регистрации СМИ
Эл № 77-43057 от 05.09.2018 г.

Оптимизация структуры занятости с использованием мультисекторной модели ограниченного соседства

Акопов Андраник Сумбатович

*Главный научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН
Москва, Нахимовский проспект, 47*

Бекларян Гаянэ Леоновна

*Старший научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН
Москва, Нахимовский проспект, 47*

Аннотация

В данной статье представлен подход к оптимизации структуры занятости с использованием расширенной мультисекторной (многоотраслевой) модели ограниченного соседства. Основная проблема, связанная с оптимизацией структуры занятости, состоит в невозможности реализации стратегии быстрого перераспределения трудовых ресурсов из менее эффективных низкотехнологичных отраслей экономики в высокотехнологичные. Причины трудностей обусловлены сложной системой принятия агентами-индивидуумами решений по выбору наиболее предпочтительных рабочих мест, основанной на комплексной оценке ряда факторов, таких как величина заработной платы, расстояние до рабочего места, влияние мнения родителей и ближайшего окружения, наличие/отсутствие опыта работы в соответствующей отрасли и др. С использованием ранее предложенного авторами генетического алгоритма сформулирована и решена задача динамической оптимизации структуры занятости, в рамках которой, в течении одного поколения (30 лет) обеспечивается трансформация структуры занятости к целевому (субоптимальному) состоянию для максимизации средних темпов роста ВВП и минимизации доли неассимилированных мигрантов.

Ключевые слова: оптимизация структуры занятости, моделирование рынка труда, модели ограниченного соседства, генетические алгоритмы, кластеризация, AnyLogic

Дата публикации: 04.05.2022

Источник финансирования:

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-01-00002

Ссылка для цитирования:

Акопов А. С. , Бекларян Г. Л. Оптимизация структуры занятости с использованием мультисекторной модели ограниченного соседства // Вестник ЦЭМИ – 2022. – Выпуск 1 [Электронный ресурс]. URL: <https://cemi.jes.su/S265838870019919-3-1> (дата обращения: 04.05.2022). DOI: 10.33276/S265838870019919-3

1 Введение

2 В настоящее время актуализируются задачи моделирования рынка труда при государственном регулировании занятости [2, 10-11], нацеленные на поиск наилучших стратегий формирования новых рабочих мест, обеспечивающих структурную трансформацию социально-экономической системы к более устойчивому состоянию. В условиях дефицита трудовых ресурсов, существуют два существенно различающихся подхода. Первый – предполагает увеличение темпов экономического роста за счёт притока мигрантов, преимущественно ориентированных на работу в низкотехнологичных отраслях экономики (например, добыче, сельском хозяйстве, торговле). Поведение агентов-мигрантов характеризуется ранним вступлением в брак, более высокой рождаемостью и др., что в перспективе одного поколения может привести к существенному увеличению их доли в популяции, росту социальной напряженности и др. [1, 2, 7, 12]. Второй подход, связанный со стратегией так называемой контролируемой миграции, состоит в умеренном увеличении миграционных потоков с одновременным ростом инвестиций в интеграцию мигрантов, в частности, с помощью искусственной десегрегации (пространственного распределения) населения (мигрантов и коренных жителей), увеличения затрат на образование и др., что позволит ускорить ассимиляцию и увеличить численность трудовых ресурсов в высокотехнологичных отраслях экономики [8]. Основные трудности при этом связаны с сохраняющимся дефицитом трудовых ресурсов в условиях низкой рождаемости коренного населения. Кроме того, поскольку ассимилированные мигранты стремятся перейти с низкотехнологичных рабочих мест на высокотехнологичные, может возникнуть дефицит трудовых ресурсов в ресурсных отраслях экономики с последующим отрицательным влиянием (вследствие межотраслевых взаимодействий) на экономику в целом.

3 В связи с вышеизложенным, возникает потребность в оптимизации структуры занятости с целью обеспечения как высоких темпов роста ВВП, так и низкой доли мигрантов. При этом, быстрое перераспределение трудовых ресурсов из менее эффективных низкотехнологичных отраслей экономики в высокотехнологичные невозможно из-за наличия множественных ограничений, обусловленных сложной системой принятия агентами-индивидуумами решений по выбору наиболее предпочтительных рабочих мест, основанной на комплексной оценке ряда факторов, таких как величина заработной платы, расстояние до рабочего места, влияние мнения родителей и родственников, наличие/отсутствие предыдущего опыта работы в соответствующей отрасли и др. В данной работе сформулирована и решена задача динамической оптимизации структуры занятости, в рамках которой в течение одного поколения (30 лет) реализуется трансформация структуры занятости к целевому (субоптимальному) состоянию, обеспечивающему максимизацию средних темпов роста ВВП и доли коренного (местного) населения. Вычисление оптимальной структуры занятости осуществляется с использованием расширенной мультисекторной модели ограниченного соседства, агрегированная (четырёхсекторная) версия которой была представлена в работе [7]. Разработка такой модели была выполнена в системе *AnyLogic* с использованием методов системной динамики [6, 9, 17] и агентного моделирования (АОМ) [3, 5]. Ранее методы АОМ применялись авторами для моделирования поведения толпы в чрезвычайных ситуациях [4, 19], управления пассажиропотоком в аэропорту [13], проектирования «цифрового двойника» производственного предприятия [14], эколого-экономического моделирования [15, 16] и др. Агент-ориентированный подход также применим для исследования динамики рынка труда [20] и миграционных потоков [1, 2, 10,

11].

4 Определение наилучшей структуры занятости осуществляется с использованием генетического оптимизационного алгоритма (ГА), агрегированного по целевому функционалу с расширенной мультисекторной моделью ограниченного соседства. Подобные ГА ранее были разработаны для оптимизации структуры инвестиционного портфеля вертикально-интегрированной нефтяной компании [6, 17, 18], а также для оптимизации характеристик среды существования агентов [7] и в эколого-экономических системах [15, 16].

5 Цель данной статьи – разработка подхода к оптимизации структуры занятости с использованием расширенной мультисекторной модели ограниченного соседства, в которой агенты-индивидуумы осуществляют выбор наиболее предпочтительных рабочих мест на основе множественных критериев.

6 Описание модели

7 Каждый экономически активный индивидуум (агент – коренной житель и агент-мигрант) в рассматриваемой искусственной социально-экономической системе в определенные моменты времени осуществляет выбор наиболее предпочтительного рабочего места на основе следующих критериев принятия решений:

$$8 \quad l(i; t_k) = \underset{j_b \in J_b}{\operatorname{argmin}} f_{ij_b}(t_k), \quad (1)$$

$$f_{ij_b}(t_k) = \frac{(d_{ij_b}(t_k) + \delta_{ij_b}(t_k)(1 - \lambda_i(t_k)))^\sigma}{\hat{p}_{ij_b}(t_k) \|w_{j_b}(t_k)\|^\psi \|e_b(t_k)\|^\zeta}, \quad (2)$$

$$\hat{p}_{ij_b}(t_k) = \begin{cases} \bar{p}, & \text{если } (i \in I \text{ и } j_b \in J_b) \text{ или } (i \in \tilde{I} \text{ и } j_{\tilde{b}} \in J_{\tilde{b}}), \\ \underline{p}, & \text{если } (i \in I \text{ и } j_{\tilde{b}} \in J_{\tilde{b}}) \text{ или } (i \in \tilde{I} \text{ и } j_b \in J_b), \end{cases} \quad (3)$$

$$s_i(t_k) = 2, \quad i \in IU\tilde{I}, \quad b \in B, \quad \tilde{b} \in \tilde{B}, \quad t_k \in T,$$

9 где

- $T = \{t_0, t_1, \dots, t_{|T|}\}$ – набор временных моментов (по годам); $t_0 \in T, t_{|T|} \in T$ – начальные и конечные моменты времени;
- $I = \{1, 2, \dots, |I|\}$ – набор индексов местных агентов (коренных жителей), где $|I|$ – общее количество местных агентов;
- $\tilde{I} = \{1, 2, \dots, |\tilde{I}|\}$ – набор индексов внешних агентов (мигрантов), где $|\tilde{I}|$ – общее количество внешних агентов (мигрантов);
- $B = \{1, 2, \dots, |B|\}$ – набор высокотехнологичных отраслей экономики, где $|B|$ – общее количество высокотехнологичных отраслей экономики;
- $\tilde{B} = \{1, 2, \dots, |\tilde{B}|\}$ – набор низкотехнологичных отраслей экономики, где $|\tilde{B}|$ – общее количество низкотехнологичных отраслей экономики;
- $J_b = \{1, 2, \dots, |J_b|\}, b \in BU\tilde{B}$ – набор ячеек дискретного пространства, в которых имеется рабочее место, относящееся к b -ой отрасли экономики;
- $d_{ij_b}(t_k), i \in IU\tilde{I}, j_b \in J_b, b \in BU\tilde{B}, t_k \in T$ – евклидово расстояние от i -ого агента, находящегося в состоянии поиска работы, до j_b -ой клетки, содержащей рабочее место, относящееся к b -ой отрасли экономики релевантное для агента данного типа;
- $\delta_{ij_b}(t_k), i \in IU\tilde{I}, j_b \in J_b, b \in BU\tilde{B}, t_k \in T$ – уровень социального дискомфорта для i -ого агента при размещении в j_b -ой ячейке дискретного пространства, оцениваемый как суммарное количество агентов-соседей, принадлежащих противоположному типу и находящихся в некоторой окрестности данной ячейки, заданной размерности;

- $\lambda_i(t_k) \in [0, 1]$, $i \in IU\tilde{I}$, $t_k \in T$ – уровень толерантности i -ого агента, по отношению к соседним агентам, принадлежащим к другому типу: $\lambda_i(t_k) = 1$ – агент полностью толерантен к соседям, $\lambda_i(t_k) = 0$ – агент полностью нетолерантен;
- $\|w_{j_b}(t_k)\|$, $j_b \in J_b$, $b \in BU\tilde{B}$, $t_k \in T$ – линейно нормированная заработная плата в j_b -ой ячейке пространства, относящейся к b -ой отрасли экономики;
- $\|e_{ij_b}(t_k)\|$, $i \in IU\tilde{I}$, $j_b \in J_b$, $b \in BU\tilde{B}$, $t_k \in T$ – линейно нормированная продолжительность работы i -ого агента (опыт работы) в b -ой отрасли экономики;
- $\{\sigma, \psi, \zeta\}$ – коэффициенты значимости критериев расстояния (с учётом уровня социального дискомфорта от неблагоприятного соседства), относительной величины заработной платы и опыта работы в данной отрасли экономики, $0 \leq \sigma, \psi, \zeta \leq 1$;
- $s_i(t_k) \in \{1, 2\}$, $t_k \in T$ – состояние i -ого агента (в том числе, 1 – стационарное состояние, 2 – состояние поиска работы);
- $\hat{p}_{ij_b}(t_k)$, $i \in IU\tilde{I}$, $j_b \in J_b$, $b \in BU\tilde{B}$, $t_k \in T$ – коэффициент приоритета для i -ого агента j_b -го рабочего места;
- \underline{p}, \bar{p} – нижние и верхние значения коэффициента приоритета выбора наиболее предпочтительного рабочего места со стороны агента.

10 Основная задача в рассматриваемой искусственной социально-экономической системе состоит в решении важной бикритериальной оптимизационной задачи по выбору наилучших значений *управляющих параметров*:

- количество новых мигрантов: $m(t_k) \in [0, \bar{m}]$, $t_k \in T$, где \bar{m} – максимально возможное количество новых мигрантов;
- заработной платы по отраслям экономики $w_b(t_k) \in [\underline{w}, \bar{w}]$, $b \in BU\tilde{B}$, $t_k \in T$, где \underline{w}, \bar{w} – нижние и верхние граничные значения заработной платы;
- численность рабочих мест по отраслям экономики $n_b(t_k) \in [\underline{n}, \bar{n}]$, $b \in BU\tilde{B}$, $t_k \in T$, – где \underline{n}, \bar{n} – нижние и верхние граничные значения численности рабочих мест.

11 *Первой целевой характеристикой в подобной системе является среднегодовой темп ВВП:*

$$V = \frac{1}{|T|} \sum_{t_k=1}^{|T|} \sum_{b=1}^{|B|+|\tilde{B}|} \frac{v_b(t_k)}{v_b(t_{k-1})}, \quad (4)$$

$b \in BU\tilde{B}$, $t_k \in T$.

12 Здесь, $v_b(t_k)$ – валовая добавленная стоимость в b -ой отрасли экономики в момент времени t_k , вычисляемая производственным методом, как наблюдаемый (фактический) выпуск в основных ценах за вычетом затрат на промежуточное потребление.

13 *Второй целевой функцией является доля неассимилированных агентов-мигрантов в общей популяции к моменту времени $t_{|T|} \in T$:*

$$N = \frac{|\tilde{I}|}{|I| + |\tilde{I}|}, \quad (5)$$

14 **Задача.** Требуется максимизировать среднегодовой темп ВВП и минимизировать долю неассимилированных мигрантов в популяции по набору управляющих параметров $\{m(t_k), w_b(t_k), n_b(t_k)\}$:

$$\begin{cases} \max_{\{m(t_k), w_b(t_k), n_b(t_k)\}} V \\ \min_{\{m(t_k), w_b(t_k), n_b(t_k)\}} N \end{cases} \quad (6)$$

при ограничениях

$$m(t_k) \in [0, \bar{m}], \quad w_b(t_k) \in [\underline{w}, \bar{w}], \quad n_b(t_k) \in [\underline{n}, \bar{n}], \quad b \in BU\bar{B}, \quad t_k \in T.$$

Решение задачи (6) осуществляется с использованием ранее разработанного бикритериального генетического алгоритма с вещественным кодированием [7], агрегированного с расширенной мультисекторной моделью ограниченного соседства по целевым функционалам.

17 Программная реализация модели

Мультисекторная модель (1)-(6), позволяющая оптимизировать структуру занятости, была реализована в системе имитационного моделирования *AnyLogic* с использованием вычислительных процедур на языке программирования *Java*.

Основной интерфейс (панель управления) модели представлен на рис. 1.

20

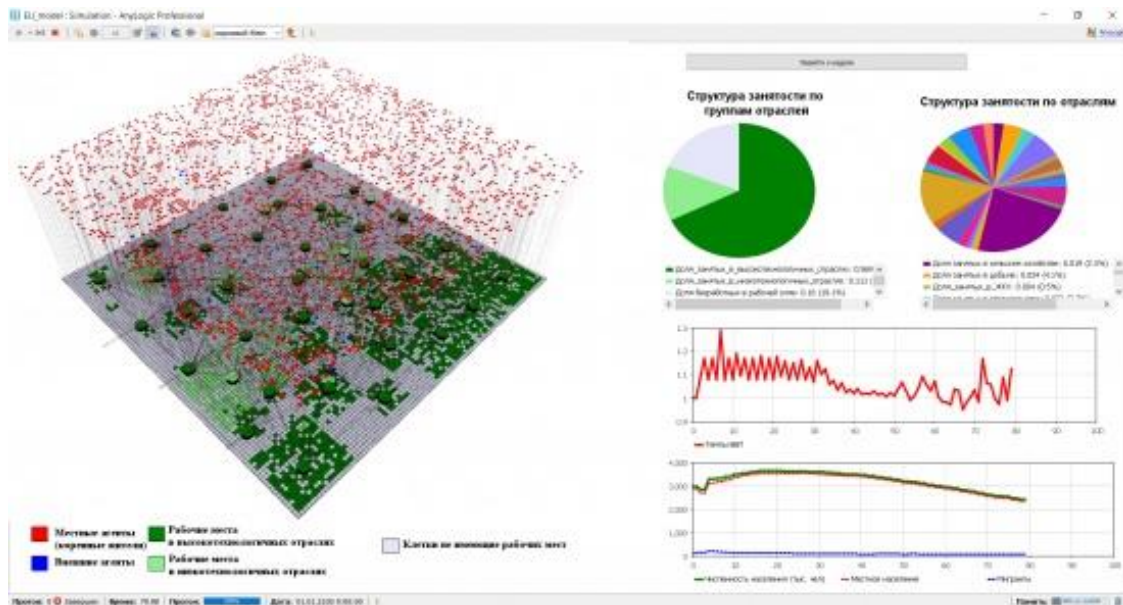


Рис. 1. Главный интерфейс модели

Как видно из рис. 1, визуализация системы имеет трехмерный (3D) формат. На нижнем уровне – создаваемые рабочие места, относящиеся к низкотехнологичным и высокотехнологичным отраслям экономики, а также агенты-отрасли, взаимодействующие друг с другом для приобретения промежуточной продукции и максимизации отраслевой валовой добавленной стоимости. На верхнем уровне – агенты-индивидуумы (коренные жители и мигранты), взаимодействующие друг с другом, осуществляющие: поиск работы (на основе критерия (1)), партнера для брака и рождения детей и т. д. – и обеспечивающие необходимую динамику численности населения и структуры занятости.

Ниже представлен фрагмент вычислительной процедуры, разработанной на языке *Java*, для реализации алгоритма поиска рабочего места для агентов-коренных жителей в дискретном пространстве размерностью 100×100 .

Процедура поиска наиболее предпочтительных рабочих мест со стороны агентов-коренных жителей

```

//Поиск ресурса
int flag=0;
int flag_resource = 0;
int n = 1;
int r_i =0;
int c_i = 0;
int r_f = 99;
int c_f = 99;

int r = agent.get_cell_r();
int c = agent.get_cell_c();

int max_experience = 0;
double[] branch_priority = new double[34];
for(int i = 0; i < agent.experience.length; i++)
{
    if(agent.experience[i] > max_experience)
        max_experience = agent.experience[i];
}

//Нормировка по заработной плате и опыту работы агента
double sum_branch_priority = 0;
for(int i = 0; i < agent.experience.length; i++)
{
    if(max_experience!=0)
        branch_priority[i] =
            (double)agent.experience[i]/max_experience;
    else
        branch_priority[i] = 1;

    if(branch_priority[i]==0)
        branch_priority[i] = 0.0001; // Минимальный уровень
        приоритета
}

ArrayList<Cells> r_c = new ArrayList<Cells>();

int r_res =0;
int c_res = 0;

//Оценка пространства вокруг Агента (макс. S клеток)
n = 1;

while(r - n > 0 && n <= S)
{
    r_i = r - n;
    n++;
}
n = 1;
while(c - n > 0 && n <= S)
{
    c_i = c - n;
    n++;
}
n = 1;
while(r + n < 99 && n <= S)
{
    r_f = r + n;
    n++;
}

```

```

}

n = 1;
while(c + n < 99 && n <= S)
{
c_f = c + n;
n++;
}

double distance= 0.0; //Расстояние от Агента до ресурса
double density = 0.0; //Количество агентов принадлежащие к другому типу
double salary = 0.0; // Зарплата по отраслям экономики
double experience = 1.0; // Приоритет данной отрасли для данного
агента из-за наличия отраслевого опыта

if(agent.state==2 || agent.state==3)
{
double max_distance = 100000000;
double min_salary = 0;

// Поиск рабочего места в заданной окрестности
for(int j = c_i; j <=c_f ; j++)
{
for(int i = r_i; i <=
r_f ; i++)
{
if(get_agent(i, j)==null) // Если в ячейке нет агента
{
r_c.add(new Cells(i, j));
if(resource_type[i][j]==2)
{
salary = wages_sector2[resource_sector[i][j]];
experience = branch_priority[resource_sector[i][j]];
}
else
{
salary = 0.0001;
experience = 0.0001;
}
}

distance = Math.sqrt(Math.pow(i - r, 2) + Math.pow(j - c, 2));
density = get_density_around_target_cell(i, j, 5, "Citizens");

// Приоритет агента по отношению к рабочим местам различного типа
double priority = 1;
if (resource_type[i][j]==2)
priority = 1;
else
priority = 0.5;

//Целевая функция, определяющая предпочтения агента к
рабочим местам distance = (double)Math.pow(distance +
density *
(1 - Уровень_толератности_агентов),
0.5)/ (priority*Math.pow(salary, 0.8) *
Math.pow(priority, 0.2));

// Проверка наличия на клетке ресурса и поиск ближайшего
высокотехнологического ресурса

```

```

    if(agent.state == 2 && distance < max_distance)
    {
        flag=1;
        r_res =
        i;
        c_res =
        j;
        max_distance = distance;
    }
}
}
} //Окончание цикла по ячейкам окрестности пространства поиска

//Выбор случайной ячейки из числа свободных для перемещения, если
рабочее место не найдено
int p = (int) (Math.random() * r_c.size());

if(r_c.size()>0 && flag ==0)
{
    all_agents[r][c]=null;
    agent.movetocell(x_cell, y_cell, r_c.get(p).r, r_c.get(p).c);
    try //Репликация агента для хранения данных на решётке
    {all_agents[r_c.get(p).r][r_c.get(p).c] = agent.clone();}
    catch (CloneNotSupportedException e)
        {e.printStackTrace();}
}

//Переход на ячейку, в которой находится нужный ресурс
if(agent.state==2 && flag==1)
{ all_agents[r][c]=null;
  agent.movetocell(x_cell, y_cell,
  r_res, c_res);
  try //Репликация агента для хранения данных на решётке
  {all_agents[r_res][c_res] = agent.clone();}
  catch (CloneNotSupportedException e)
      {e.printStackTrace();}
}
}
}
update_free_cells();

```

25 Здесь, **agent** – ссылка на объект класса **Citizens**, обеспечивающего реализацию всех характеристик и особенностей (паттернов) поведения агента – коренного жителя, например, функции перемещения агента в целевую ячейку дискретного пространства **movetocell(x, y, r, c)** с координатами (**r, c**). Также, класс **Citizens**, содержит информацию о состоянии агента (переменная **state**).

26 Аналогичная процедура построена для реализации механизма поиска рабочих мест со стороны агентов-мигрантов. Отличие состоит в том, что внешние агенты предпочитают низкотехнологичные рабочие места, для которых выполняется условие **resource_type[i][j]==1** (где **i, j** – координаты дискретного пространства в окрестности поиска, размерностью **S**).

27 Другие разработанные вычислительные процедуры обеспечивают обновление состояний агентов; поиск ими партнеров для брака и рождения детей; формирование новых рабочих мест, дифференцируемых по отраслям экономики; и т. д.

28 Результаты оптимизации структуры занятости

29 На рис. 2 представлен пример результатов оптимизации структуры занятости с использованием предложенной расширенной мультисекторной модели ограниченного соседства, агрегированной с генетическим оптимизационным алгоритмом, обеспечивающим

построение фронта Парето для рассматриваемой оптимизационной задачи (6). Все расчёты были проведены с использованием искусственных (тестовых) данных на интервале $|T|=30$ лет.

30

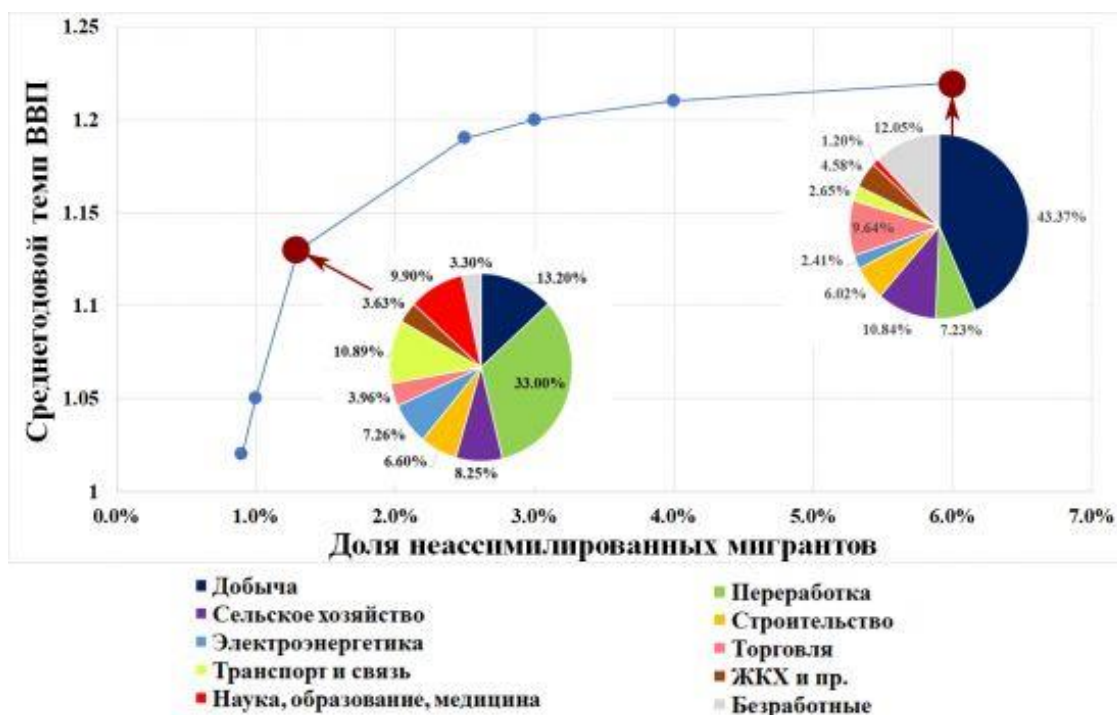


Рис. 2. Фронт Парето и структура занятости для выбранных решений

31 В качестве примера на рис. 2 выбраны два оптимальных по Парето решения, при которых наблюдается принципиально различная структура занятости. При экстенсивном сценарии развития социально-экономической системы, предполагающим существенный приток новых мигрантов, основная доля рабочих мест приходится на добывающий сектор (43,37 %), а также сельское хозяйство (10,84 %) и торговлю (9,64 %). При, более рациональном сценарии с долей неассимилированных мигрантов на уровне 13 % в общей популяции, основная доля рабочих мест приходится на перерабатывающий сектор (33 %). Также, при этом сценарии существенно увеличивается доля рабочих мест в высокотехнологичных отраслях экономики, в частности, в науке, образовании, медицине (с 1,2 % до 9,9 %), транспорте и связи (с 2,65 % до 10,89 %). При этом, обеспечиваются достаточно высокие среднегодовые темпы роста ВВП (13 % в год). Другим важным преимуществом данного сценария является существенное снижение численности безработных агентов (с 12,05 % до 3,3 %).

32 Дальнейшее сокращение миграционных потоков (крайне левые решения на границе Парето) приводит к существенному снижению темпов роста ВВП, из-за критического сокращения численности занятых в добывающем секторе, и, как следствие, недостатка ресурсов (сырья) необходимых для перерабатывающих отраслей экономики.

33 Заключение

34 В данной статье представлен подход к оптимизации структуры занятости с использованием расширенной мультисекторной (многоотраслевой) модели ограниченного соседства. Особенностью разработанной модели является принятие во внимание процесса перераспределения трудовых ресурсов из низкотехнологичных отраслей экономики в высокотехнологичные в результате принятия решений агентами-индивидуумами о выборе наиболее предпочтительных рабочих мест.

35 Сформулирована и решена с использованием ранее предложенного генетического алгоритма задача динамической оптимизации структуры занятости, в рамках которой

максимизируется среднегодовой темп ВВП и минимизируется доля неассимилированных мигрантов.

36 Дальнейшие исследования будут направлены на детализацию мультисекторной модели ограниченного соседства и моделирование сложной системы товарно-денежных взаимодействий между агентами-отраслями, характеристики которой существенно влияют на возможности перераспределения трудовых ресурсов между кластерами рабочих мест.

Библиография:

1. Агентное моделирование популяционной динамики двух взаимодействующих сообществ: мигрантов и коренных жителей / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Г. Л. Бекларян [и др.] // Экономика и математические методы. – 2020. – Том 56, № 2. – с. 5-19.
2. Агентное моделирование социально-экономических последствий миграции при государственном регулировании занятости / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Г. Л. Бекларян [и др.] // Экономика и математические методы. – 2022. – том 58, № 1. – с. 113-130.
3. Акопов, А. С. Агентное моделирование: учебно-методическое пособие / А. С. Акопов, Н. К. Хачатрян – Москва : ЦЭМИ РАН, 2016. – 76 с.
4. Акопов, А. С. Агентная модель поведения толпы при чрезвычайных ситуациях / А. С. Акопов, Л. А. Бекларян // Автоматика и телемеханика. – 2015, № 10 – с. 131–143.
5. Акопов, А. С. Имитационное моделирование: учебник и практикум для академического бакалавриата / А. С. Акопов ; Серия: Бакалавр. Академический курс. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 389 с.
6. Акопов, А.С. К вопросу проектирования интеллектуальных систем управления сложными организационными структурами. Ч1. Математическое обеспечение системы управления инвестиционной деятельностью вертикально-интегрированной нефтяной компании / А. С. Акопов // Проблемы управления. – 2010. – № 6. – с. 12-18.
7. Акопов, А. С. Мультисекторная модель ограниченного соседства: сегрегация агентов и оптимизация характеристик среды / А. С. Акопов, Л. А. Бекларян, А. Л. Бекларян // Математическое моделирование. – 2021. – Т. 33, № 11. – с. 95-114.
8. Акопов, А. С. Сегрегация агентов в секторальной модели ограниченного соседства / А. С. Акопов, Л. А. Бекларян. – DOI: 10.33276/S265838870016760-9 // Вестник ЦЭМИ РАН. – 2021. – Т. 4, Выпуск 2. URL: <https://cemi.jes.su/s265838870016760-9-1/> (Дата обращения 25.04.2022).
9. Бекларян, Г. Л. Имитационная модель региона в применении к анализу экономики Красноярского края / Г. Л. Бекларян // Экономика и математические методы. – 2019. – Т. 55, № 3. – с. 47-61.
10. Гайнанов, Д. А. Агент-ориентированный подход к сбалансированному взаимодействию региональных рынков труда и образовательных услуг / Д. А. Гайнанов, Л. И. Мигранова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8-2. – с. 394-398.
11. Ёлкина, О. С. Математическое моделирование стратегий экономического поведения людей на рынке труда / О. С. Ёлкина, Е. В. Гуревич, А. К. Гуц // Математические структуры и моделирование. – 2005. – № 15. – с. 107-111.
12. Огородников, П. И. Моделирование миграционных потоков в регионе / П. И. Огородников, Н. А. Макарова // Экономика региона. – 2013. – № 2 (34). – с. 168-176.
13. Разработка программной платформы для крупномасштабного агент-ориентированного

моделирования сложных социальных систем / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Г. Л. Бекларян, А. С. Акопов // Программная инженерия. – 2019. – Т. 10, № 4. – с. 167-177.

14. Цифровой завод: методы дискретно-событийного моделирования и оптимизации производственных характеристик / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Г. Л. Бекларян, А. С. Акопов // Бизнес-информатика. – 2021. – Т. 15, № 2. – с. 7-20.

15. Akopov, A. S. Agent-based modelling for ecological economics: A case study of the Republic of Armenia / A. S. Akopov, L. A. Beklaryan, A. K. Saghatelian // Ecological Modelling. – 2017. – Vol. 346. – p. 99-118

16. Akopov, A. S. Agent-based modelling of interactions between air pollutants and greenery using a case study of Yerevan, Armenia / A. S. Akopov, L. A. Beklaryan, A. K. Saghatelian // Environmental Modelling and Software. – 2019. – Vol. 116. – p. 7-25.

17. Akopov, A. S. Designing of integrated system-dynamics models for an oil company / A. S. Akopov // International Journal of Computer Applications in Technology. – 2012. – Vol. 45, No. 4. – p. 220-230.

18. Akopov, A. S. Parallel genetic algorithm with fading selection / A. S. Akopov // International Journal of Computer Applications in Technology. – 2014. – Vol. 49, No. 3/4. – p. 325-331.

19. Beklaryan, A. L. Simulation of Agent-rescuer Behaviour in Emergency Based on Modified Fuzzy Clustering / A. L. Beklaryan, A. S. Akopov // AAMAS'16: Proceedings of the 2016 International Conference on Autonomous Agents & Multiagent Systems. – Richland: International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2016. – p. 1275-1276.

20. Neugart, M. Agent-based Models of the Labor Market / M. Neugart, M. Richiardi // The Oxford Handbook of Computational Economics and Finance ; Chen S-H, Kaboudan M, Du Y-R (eds.). – Oxford : Oxford University Press, 2018.

Optimization of the Employment Structure Using the Multi-sector Bounded-Neighbourhood Model

Andranik Akopov

Chief Researcher , CEMI RAS

Moscow, Nakhimovsky prospect, 47

Gayane Beklaryan

Senior Research , CEMI RAS

Moscow, Nakhimovsky prospect, 47

Abstract

This article presents an approach to optimizing the employment structure using an extended multi-sector bounded-neighbourhood model. The main problem associated with the optimization of the employment structure is the impossibility of implementing a strategy for the rapid redistribution of labour resources from less efficient low-tech sectors of the economy to high-tech ones. The reasons for the difficulties are due to the complex system of decision-making by agent-individuals on the choice of the most preferable jobs, based on a comprehensive assessment of a number of factors, such as the amount of wages, distance to the workplace, the influence of the parents' opinions and their immediate environment, the presence or absence of previous work experience in the relevant industry, etc. The problem of dynamic optimization of the employment structure is formulated and solved using the genetic algorithm that has been proposed previously, within one generation (30 years), the transformation of the employment structure to the target (suboptimal) state is ensured to maximize the average GDP rates and minimize the share of non-assimilated migrants.

Keywords: employment structure optimization, labour market modelling, bounded-neighbourhood models, genetic algorithms, clustering, AnyLogic

Publication date: 04.05.2022

Citation link:

Akopov A., Beklaryan G. Optimization of the Employment Structure Using the Multi-sector Bounded-Neighbourhood Model // Vestnik CEMI – 2022. – Issue 1 [Electronic resource]. URL: <https://cemi.jes.su/S265838870019919-3-1> (circulation date: 04.05.2022). DOI: 10.33276/S265838870019919-3