

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»  
Институт фундаментальных наук  
Кафедра прикладной математики

Кочеткова Анна Андреевна

Выпускная квалификационная работа на тему:

**«Прогнозирование социально-экономических факторов для оптимизации развития региона»**

по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль) программы  
«Исследование операций и системный анализ»

Руководитель:  
доцент, к.ф.-м.н.  
В.В. Мешечкин

Кемерово 2021

## ВВЕДЕНИЕ

**Целью** данной работы будет являться построение и анализ оптимизационной модели развития региона на основе прогноза социально-экономических показателей.

### **Задачи:**

- Изучить и проанализировать литературу по моделированию и прогнозированию социально-экономического развития территорий;
- Собрать и систематизировать статистические данные об уровне социально-экономического развития Кемеровской области;
- Выявить основные закономерности изменения рассматриваемых показателей и сделать прогнозы их будущих значений;
- Построить оптимизационную модель развития региона и провести её расчёты.

# КРИТЕРИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Критерии социально-экономического развития - это показатели, характеризующие уровень и степень достижения целей СЭР.

Это такие составляющие, как:

- ВРП, ВВП;
- средняя величина доходов населения и их дифференциация;
- уровень реальной заработной платы;
- уровень здоровья населения и средняя продолжительность жизни;
- уровень образования;
- величина потребления материальных благ, наличие товаров длительного пользования;
- состояние сферы здравоохранения;
- состояние окружающей среды

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- Среднедушевые денежные доходы населения в месяц, руб. - «z1»;
- Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата, руб. – «z2» ;
- Индекс потребительских цен, % - «z3»;
- Общая численность безработных, тыс.чел. - «z4»;
- ВРП на душу населения, тыс.руб. - «z5»;
- Численность обучающихся, получивших аттестат о среднем общем образовании – всего – «z6»;
- Численность населения, млн.чел. – «z7»;
- Рождаемость, ‰ – «z8»;
- Смертность, ‰ – «z9»;
- Ожидаемая продолжительность жизни - «z10».

**ТАБЛИЦА 1. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
(2010-2020ГГ.).**

год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
z1	15 418	16 666	18 385	19 697	20 193	21 879	21 345	22 141	23 166	24 560	25 029
z2	18 028	20 479	23 403	25 326	26 809	28 263	30 115	32 648	38 023	41 770	42 724
z3	107,9	106,5	107,5	106,7	111,9	111,5	104,5	102,1	104,6	103,9	100,7
z4	130,8	119,4	98,9	85,3	88	105,5	107,7	95,1	80,9	70,8	69,4
z5	226,2	272,6	261,3	243,9	275,5	309,9	316,3	391,7	462,5	493,8	504,1
z6	13,6	9,6	13,4	12,2	12,6	11,6	10,7	10,3	10,9	10,8	10,4
z7	2, 763	2, 761	2, 750	2, 742	2, 734	2, 724	2, 717	2, 708	2, 694	2, 674	2, 657
z8	13,2	12,7	13,7	13,6	13,2	12,5	12,1	10,5	9,9	9	8,5
z9	16,1	15,5	15,1	14,6	14,6	14,5	14,3	14,1	14,4	14,2	15,9
z10	65,4	66,2	66,8	67,7	68	68,3	68,7	69,3	69,3	69,7	69,9

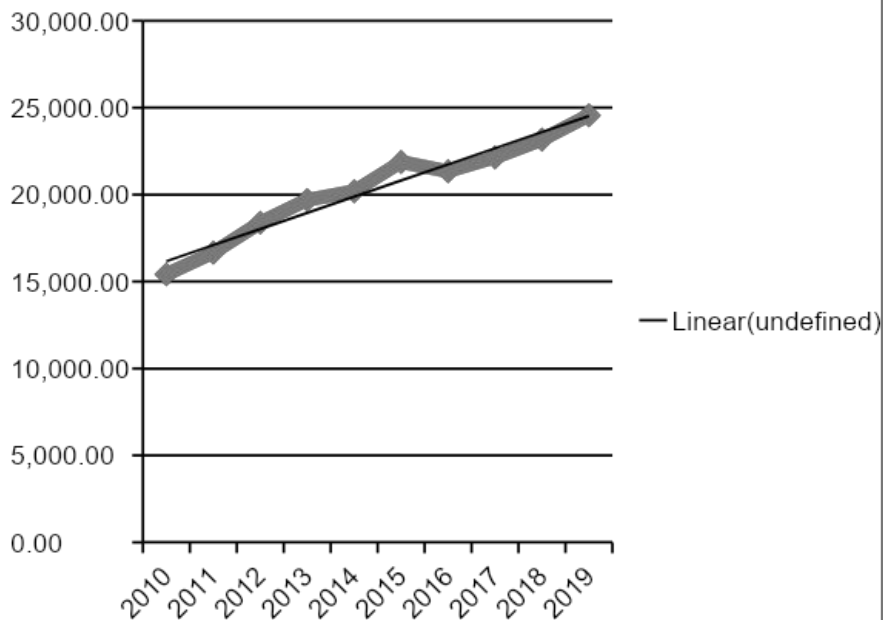


Рис.1 Линейная трендовая модель

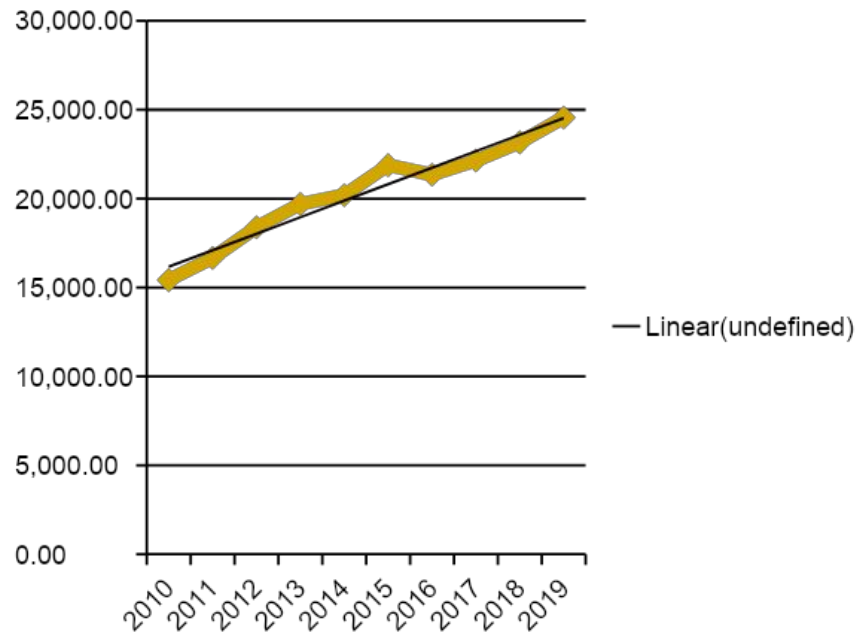


Рис.2 Полиномиальная трендовая модель

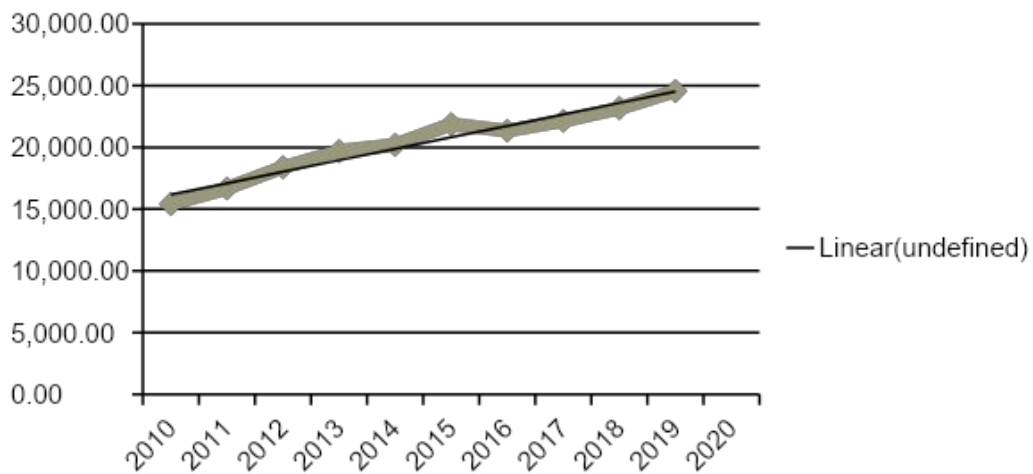


Рис.3 Степенная трендовая модель

## НОРМИРОВАННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДЕТЕРМИНАЦИИ

$$R_{\text{норм}}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{(n-1)}{(n-k)} \quad (1)$$

где  $n$  – количество наблюдений в наборе данных;

$k$  - количество параметров модели.

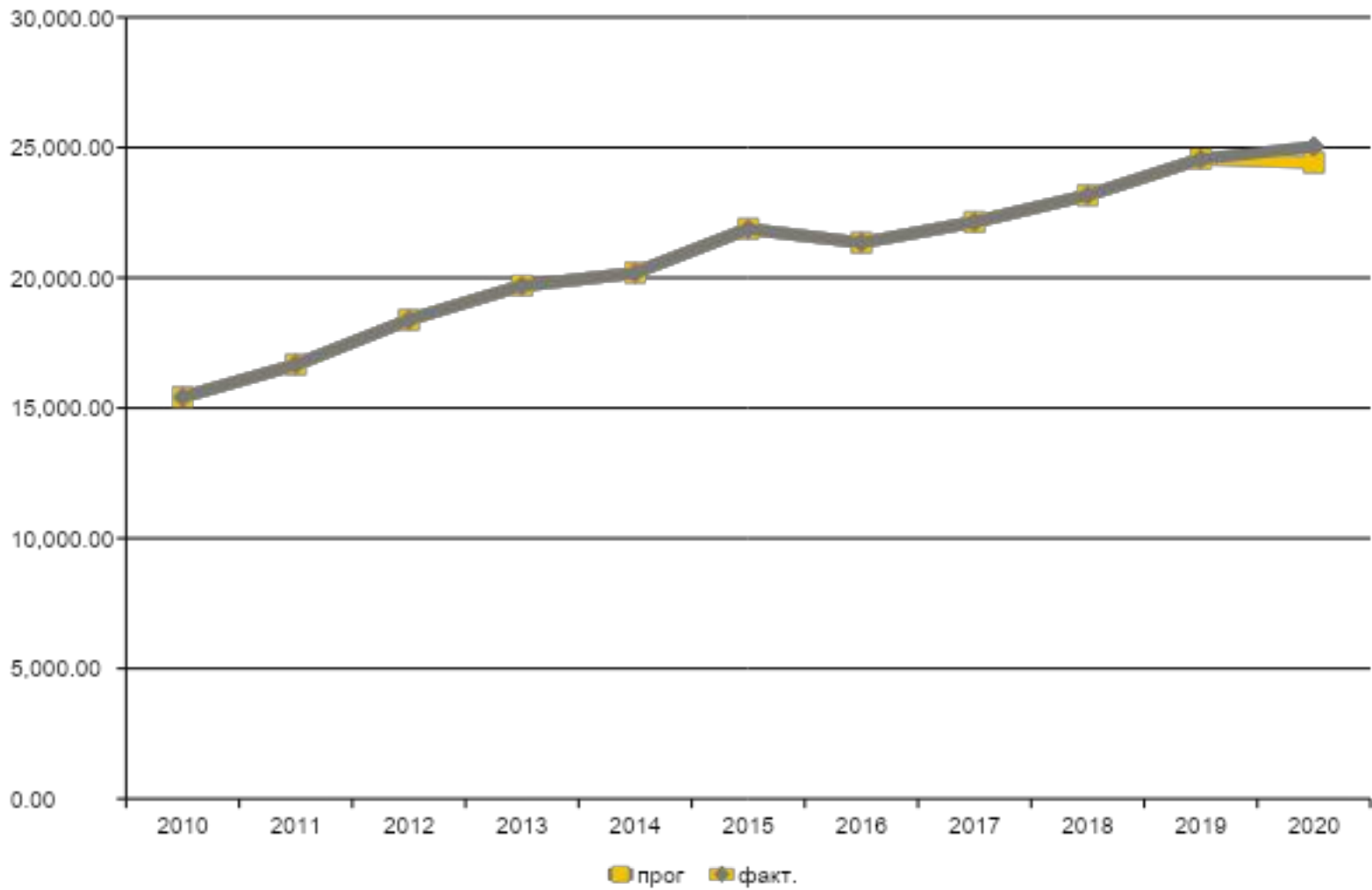


Рис.4 Сравнение фактического и прогнозного результата



## ФОРМУЛЫ НОРМИРОВКИ ДАННЫХ И РАСЧЕТА ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

$$y(\bar{z}_i) = \frac{(z_i - z_{\min})}{(z_{\max} - z_{\min})} \quad (2)$$

$$y(\bar{z}_i) = 1 - \frac{(z_i - z_{\min})}{(z_{\max} - z_{\min})} \quad (3)$$

где  $x$  – фактическое значение,  $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$  – соответственно минимальное и максимальное значение  $i$ -го показателя.

---

$$D_i = \frac{w_i}{\sum w_j} \quad (4) \quad \text{при условии, что:} \quad \sum D_i = 1 \quad (5)$$

где  $w_i$  – оценка  $i$ -го показателя в отдельности, полученная экспертным методом;

$\sum w_j$  – сумма всех оценок.

ТАБЛИЦА 2. ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  $Z_i$  И ИХ ВЕСОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ

Показатель	Оценка	$D_i$
Ожидаемая продолжительность жизни	1,2	0,0674157
Рождаемость	1,4	0,0786517
Безработица	1,4	0,0786517
Смертность	1,5	0,0842697
Среднедушевые доходы населения	1,7	0,0955056
Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата	1,9	0,1067416
Индекс потребительских цен	1,95	0,1095506
Численность обучающихся, получивших аттестат о среднем общем образовании	2	0,1123596
Численность населения	2,25	0,1264045
ВРП	2,5	0,1404494

ТАБЛИЦА 3. НОРМИРОВАННЫЕ ДАННЫЕ

N	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
z1	0	0,1298	0,3087	0,4452	0,4968	0,6723	0,6167	0,6995	0,8062	0,9512	1
z2	0	0,0992	0,2176	0,2955	0,3556	0,4144	0,4894	0,5920	0,8096	0,9614	1
z3	0,3571	0,4821	0,3928	0,4643	0	0,0357	0,6607	0,875	0,6518	0,7143	1
z4	0	0,1856	0,5195	0,7410	0,6971	0,4121	0,3762	0,5814	0,8127	0,9772	1
z5	0	0,1669	0,1263	0,0637	0,1774	0,3012	0,3242	0,5955	0,8503	0,9629	1
z6	1	0	0,95	0,65	0,75	0,5	0,275	0,175	0,325	0,3	0,2
z7	1	0,9821	0,8831	0,8035	0,7240	0,6377	0,5677	0,4843	0,3517	0,1558	0
z8	0,9038	0,8076	1	0,9808	0,9038	0,7692	0,6923	0,3846	0,2692	0,0962	0
z9	0	0,3	0,5	0,75	0,75	0,8	0,9	1	0,85	0,95	0,1
z10	0	0,1777	0,3111	0,5111	0,5778	0,6444	0,7333	0,8667	0,8667	0,9556	1
Q	0,35	0,34	0,51	0,54	0,51	0,49	0,54	0,61	0,65	0,69	0,63

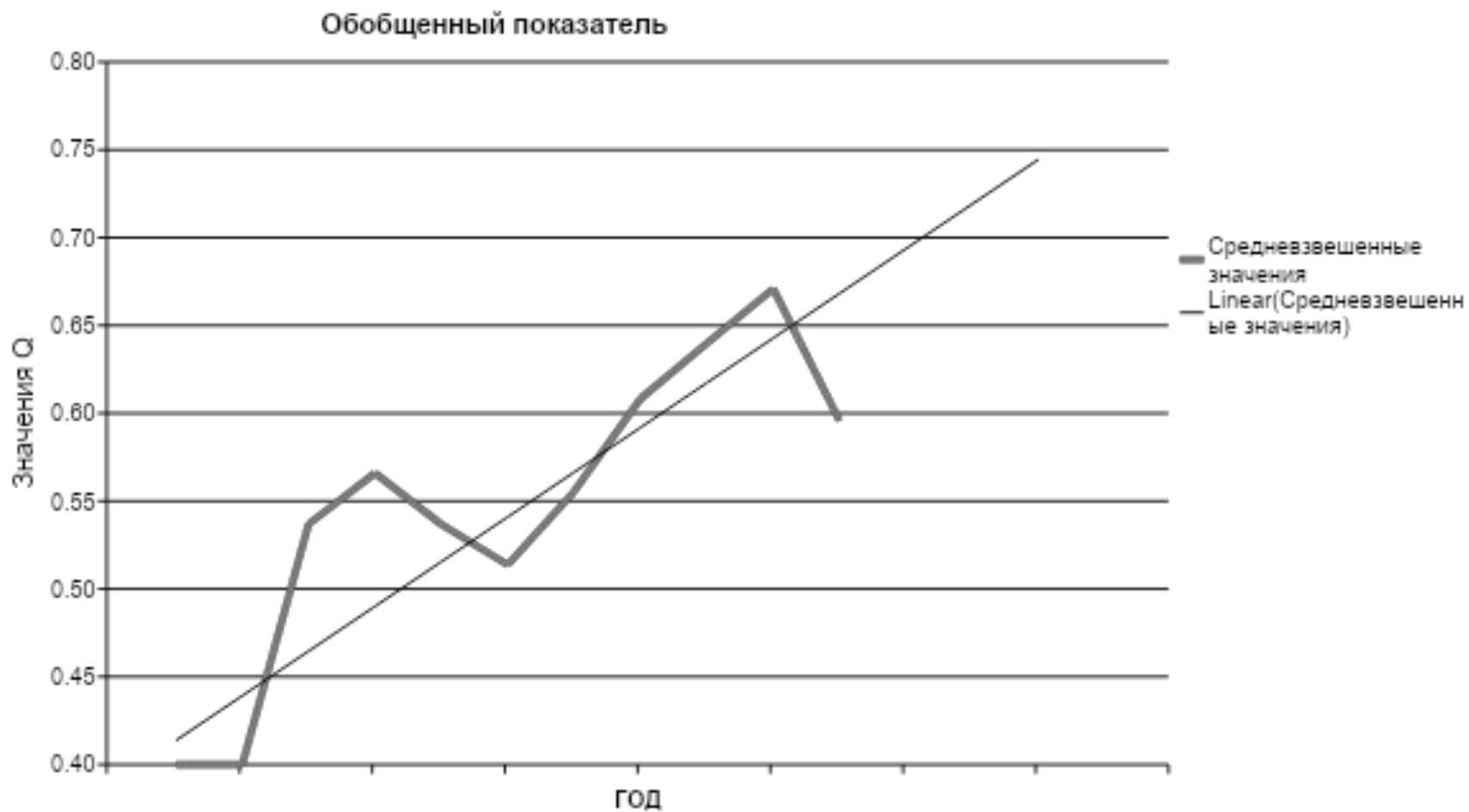


Рис.5 Обобщенный показатель социально-экономического развития

# ИНВЕСТИЦИИ

- Инвестиции в основной капитал по видам экономической деятельности (Т) – « $I_t$ »
- Обрабатывающие производства – « $x_1$ »
- Добыча полезных ископаемых – « $x_2$ »
- Производство и распределение электроэнергии, газа и воды – « $x_3$ »
- Строительство, операции с недвижимым имуществом – « $x_4$ »
- Торговля, финансовая деятельность – « $x_5$ »
- Образование, здравоохранение – « $x_6$ »

**ТАБЛИЦА 4. ИНВЕСТИЦИИ В ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ ПО ВИДАМ  
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
$I_t$	77546	114176	151265	110844	135242,9	90448	91270	120811,8	144911,9	184070
$x_1$	8962	11366	22967	18812	13402	16903	8930	14570	19148	25377
$x_2$	46374	73452	95698	57723	46126	47245	58340	80577	94600	123134
$x_3$	6583	11763	11663	10027	49256	6405	5577	6918	9393	10663
$x_4$	8414	7904	9419	10465	7564,7	7950	8372	8026	10752	8213
$x_5$	3368	3957	5067	6792	13141,2	7649	6257	6543,7	5800,9	5830
$x_6$	3845	5734	6451	7025	5753	4296	3794	4177,1	5218	10853

## ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ

$$z_i(t) = a_{i_0} + a_{i_1} x_1(t) + \dots + a_{i_n} x_n(t) + z_i(t - 1),$$
$$i = 1, \dots, m,$$

$$t = 0, 1, \dots, T \quad (6)$$

$$z_j(0) = z_j^0 \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j(t) = I_t \quad (8)$$

$$\min x_j \leq x_j(t) \leq \max x_j \quad (9)$$

$$Q_T = \sum D_i \bar{z}_i(T) \rightarrow \max \quad (10)$$

## ТАБЛИЦА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
$I_t$	77546	114176	151265	110844	135242,9	90448	91270	120811,8	144911,9	184070
$x_1$	8946,6	8930,09	8930,33	8930	8930	13504,3	15267,7	18018,3	20415,9	23659,8
$x_2$	46139,66	46434,09	74365,23	55099,47	55592,32	48965,14	48396,46	72746,72	94680,53	123134
$x_3$	5593,568	39833,5	49098,21	28251,81	49256	10017	7790,15	9653,042	9820,821	12243,24
$x_4$	7578,116	8050,87	10752	10752	10752	10752	10752	10662,03	10752	9748,239
$x_5$	5484,415	6029,564	4106,196	3943,733	6894,269	3401,333	3646,241	4141,217	4393,396	4431,666
$x_6$	3803,622	4897,87	4013,027	3866,994	3818,307	3808,179	5417,45	5590,422	4849,228	10853



**ТАБЛИЦА 6. РЕЗУЛЬТАТЫ ЗНАЧЕНИЙ ФАЗОВЫХ  
ПЕРЕМЕННЫХ**

год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
z1	15 418	16 570	18 699	22 430	24 139	26 492	26 163	25 477	25 591	26 369	27 051
z2	18 028	21 017	21 964	24 620	26 822	29 024	30 683	31 265	33 100	36 559	37 758
z3	107,9	104,06	124,7	100,5	124,22	102,09	120,8	99,2	119,2	91,5	117,5
z4	130,8	113,4	120,4	104,3	101,6	102,2	102,6	103,6	92,4	77,3	65,8
z5	226,2	273,4	254,3	228,9	236,4	238,9	241,5	244,1	246,6	249,08	251,5
z6	13,6	8,3	18,5	10,6	16,14	12,04	14,19	11,9	13,2	11,2	11,5
z7	2, 763	2, 759	2, 754	2, 739	2, 728	2, 713	2, 703	2, 694	2, 68	2, 661	2, 641
z8	13,2	12,7	13,5	14,4	14,7	15,1	15,2	15,3	15,3	15,2	15,4
z9	16,1	18,01	18,5	17,6	17,5	16,7	16,1	15,4	14,2	11,7	7,05
z10	65,4	66,4	66,5	66,6	66,8	67,04	67,3	67,5	67,9	68,4	68,8

# РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

**Таблица 7. Прогнозные значения фазовых переменных**

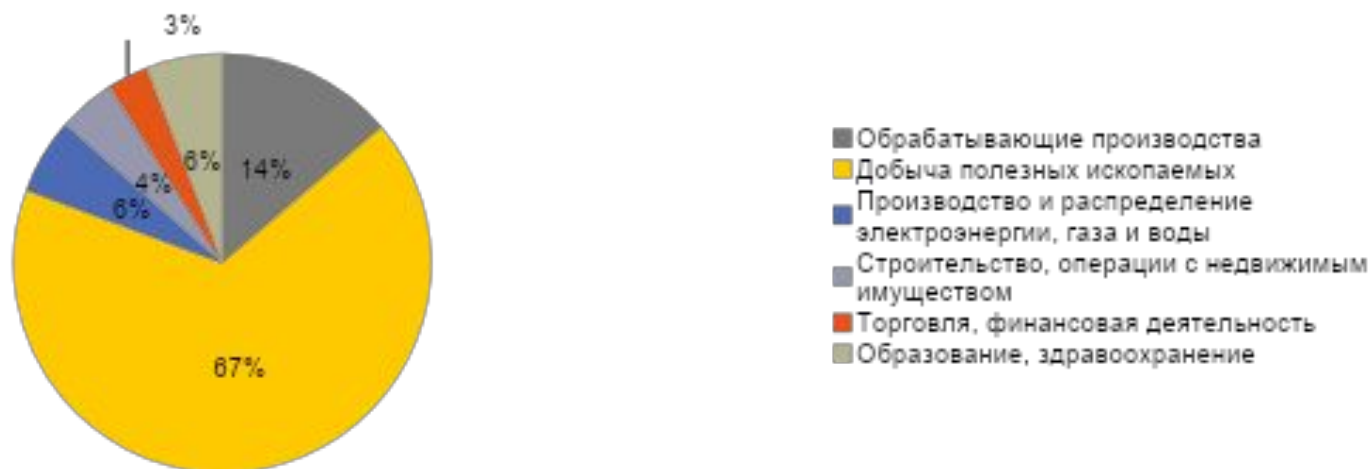
Показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.
$Z_1$	28 607	31 352	38 916
$Z_2$	50 766	48 886	52 936
$Z_3$	87	176	50,35
$Z_4$	34,7	121,7	34,7
$Z_5$	623,1	476,8	586 8
$Z_6$	7,2	29,1	7,6
$Z_7$	2,625	2,607	2,55
$Z_8$	6,8	9,6	7,1
$Z_9$	20, 4	16	7
$Z_{10}$	70,5	68,3	68,4

**Таблица 8. Прогнозные значения инвестиций на 2020-2022 год**

Управляющие переменные	2020	2021	2022
$I_t$	170 000	190 000	210 000
$x_1$	8 930	8 930	8 930
$x_2$	138 021,6	46 126	90 628,15
$x_3$	5 577	113 873,7	74 091,66
$x_4$	10 309,39	7 564,7	29 188,19
$x_5$	3 368	9 711,551	3 368
$x_6$	3 795	3 794	3 794

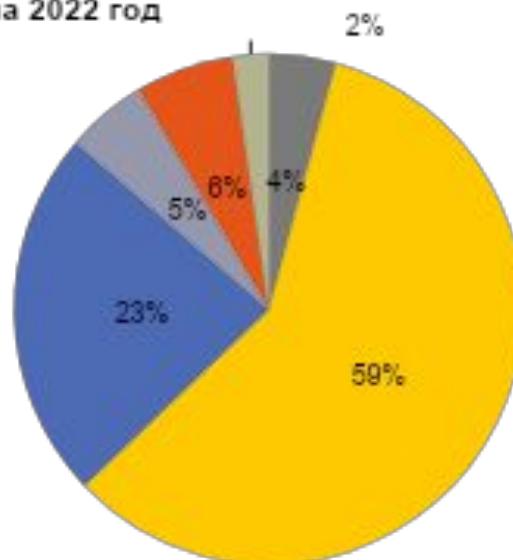
# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЙ ЗА 2019 ГОД И НА КОНЕЦ ПРОГНОЗНОГО ПЕРИОДА-2022 ГОД

Инвестиции за 2019 год



План распределения инвестиций на 2022 год

- Обработка производств
- Добыча полезных ископаемых
- Производство и распределение электроэнергии, газа и воды
- Строительство, операции с недвижимым имуществом
- Торговля, финансовая деятельность
- Образование, здравоохранение



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были достигнуты следующие результаты:

- изучена литература по теме моделирования и прогнозирования социально-экономического развития территории;
- собраны и систематизированы статистические данные о социально-экономическом положении Кемеровской области с 2010 по 2020 гг.;
- построена математическая модель для оптимизации социально-экономического развития региона, где фазовыми переменными являются социально-экономические показатели, а в качестве управляющих переменных выступают инвестиции в основной капитал по видам экономической деятельности;
- выполнены численные расчеты построенной модели и найдено оптимальное решение;
- на основе построенной модели, был составлен план будущего развития Кемеровской области на период с 2020 по 2022 год;
- результаты исследований докладывались на международной научной конференции «Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей».

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ**