



САМАРСКИЙ
ПОЛИТЕХ
Опорный университет

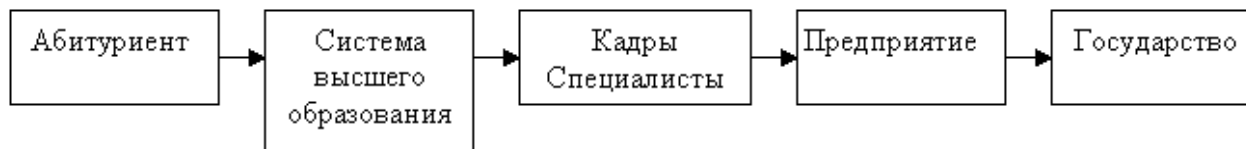
Прогнозирование потребности в специалистах на основе применения математического моделирования

Тупоносова Елена Павловна,
Голованов Павел Александрович

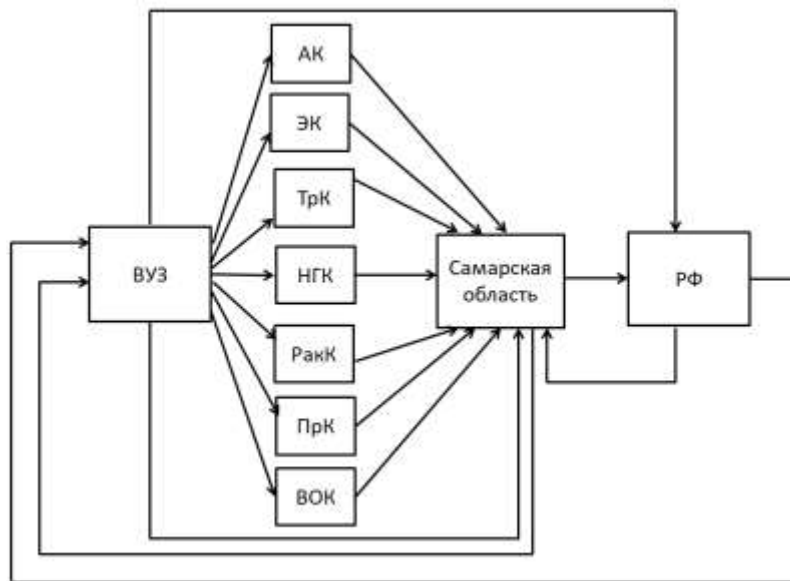
Россия, Самара,
Самарский государственный
технический университет

2025

Система образования



Образовательная деятельность



Обобщенная схема региональной инфраструктуры

Связи региональной промышленности Самарской области с системой подготовки кадров



Обобщенная схема связей вуза и региональной инфраструктуры



Финансирование вузов

Вузы

Основные разделы	Российские рейтинги		Международные рейтинги		
	Рейтинг «Эксперт РА»	Национальный рейтинг университетов	QS	ARWU	Рейтинг Times
Образовательная деятельность Весовой коэффициент 0,3	0,5	0,5	0,6	0,2	0,3
	качество образования в ВУЗе	образовательная деятельность	академическая репутация	качество образования	обучение: среда обучения
		бренд вуза	соотношение числа студентов и преподавателей	производительность штатных преподавателей	
Научно-исследовательская деятельность Весовой коэффициент 0,2	0,2	0,35	0,2	0,8	0,6
	уровень научно-исследовательской активности	исследовательская деятельность	уровень цитируемости публикаций	квалификация преподавателей	исследование: объем, доход и репутация
		инновации и предпринимательство		достижения в области научных исследований	цитаты: влияние исследования
Международная деятельность Весовой коэффициент 0,1		0,15	0,1		0,075
		международная деятельность	численность в вузе иностранных преподавателей		международная перспектива: штат, студенты и исследование
			численность в вузе иностранных студентов		
Уровень востребованности работодателями Весовой коэффициент 0,4	0,3		0,1		0,025
	уровень востребованности работодателями		репутация среди работодателей		промышленный доход: инновации

Российские и международные образовательные рейтинги

Вузы Самарской области

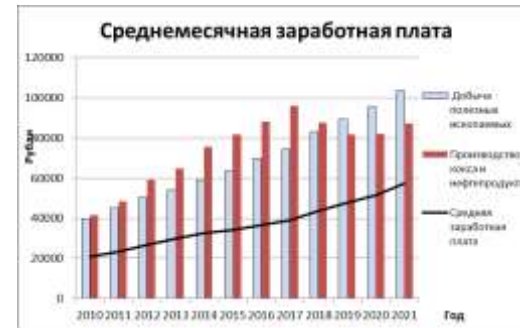
ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ В ВУЗАХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ *

Вуз / филиал (полное наименование)	сокращенное наименование	2018	2021	2022
Тольяттинский государственный университет	ТГУ	13 899	19 717	20 202
Самарский государственный технический университет	СамГТУ	17 451	16 687	16 579
Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева	СНИУ	14 283	15 517	16 243
Самарский государственный экономический университет	СГЭУ	8 367	6 759	7 015
Самарский государственный медицинский университет	СамГМУ	5 931	6 243	6 262
Самарский государственный социально-педагогический университет	СГСПУ	6 582	6 207	6 096
Самарский государственный университет путей сообщения	СамГУПС	6 424	5 123	5 025
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики	ПГУТИ	3 949	4 393	4 696
Самарский государственный аграрный университет	СамГАУ	4 239	3 904	3 894
Медицинский университет «Реавиз»	«Реавиз»	2 330	2 170	2 475
Поволжский государственный университет сервиса	ПВГУС	2 909	2 130	2 094
Международный институт рынка	МИР	2 088	2 090	2 077
Самарский филиал Московского городского педагогического университета	СФ МГПУ	2 057	2 060	2 076
Самарский государственный институт культуры	СГИК	1 470	1 432	1 439
Филиал Самарского государственного технического университета в г. Сызрань	СамГТУ, Сызрань	853	955	1 077
Филиал Самарского государственного технического университета в г. Новокуйбышевске	СамГТУ, Н-ск	418	660	715
Поволжская академия образования и искусств им.Святителя Алексия, митрополита Московского	ПАСА	449	549	642
Сызранский филиал Самарского государственного экономического университета	СГЭУ, Сызрань	831	584	522
Тольяттинская академия управления	ТАУ	260	353	378
Самарский филиал Санкт-Петербургского Гуманитарного университета профсоюзов	СФ СПбГУП	319	251	289
Волжский университет имени В.Н. Татищева (институт)	ВУиТ	673	199	191
Самарский филиал Волжского государственного университета водного транспорта	СФ ВГУВТ	-	103	159
ВСЕГО		96 935	98 109	100 146

Нефтяная отрасль Самарской области



Факторы, влияющие на нефтяную отрасль



Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников в России

Таблица – Средняя выработка на одного специалиста



Нефтяной комплекс Самарской области

Среднее количество на 1 специалиста (тонн)	Россия	Самарская область
нефть, потупившая на переработку	6560	5574
производство нефтепродуктов	3773	4231

Оценка эффективности нефтяной отрасли Самарской области



Критерии оценки

Производство и переработка нефти



Объем нефти, поступивший на переработку Y_1



Среднегодовая производственная мощность нефти, поступившей на переработку Y_2



Производство нефтепродуктов Y_3



Производство нефтепродуктов

Связи региональной нефтяной отрасли с системой подготовки кадров

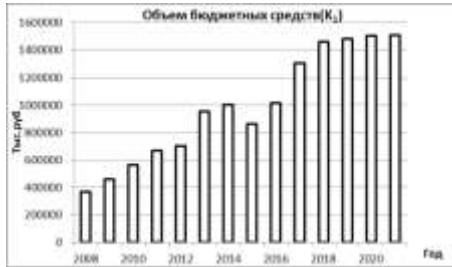


Факультеты и институты СамГТУ

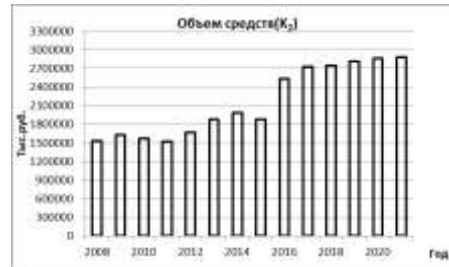


Структура кадрового обеспечения технологических стадий производственного нефтяного цикла СамГТУ

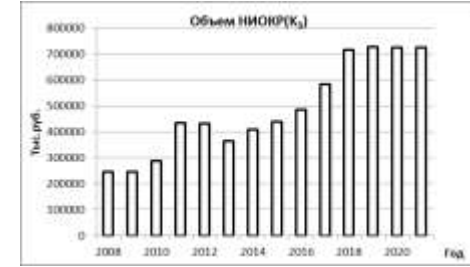
Статистические данные СамГТУ



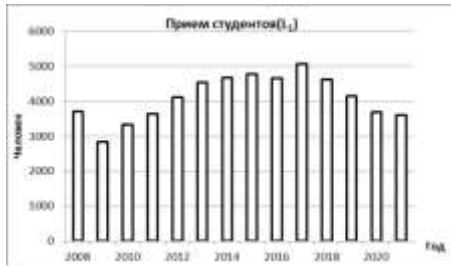
Общий объем бюджетных средств (K₁, тыс. руб.)



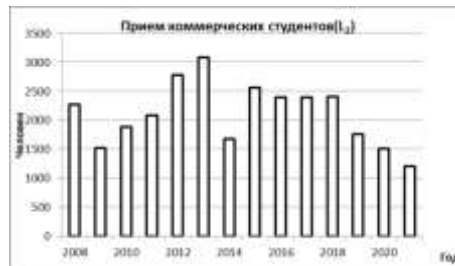
Общий объем средств СамГТУ (K₂, тыс. руб.)



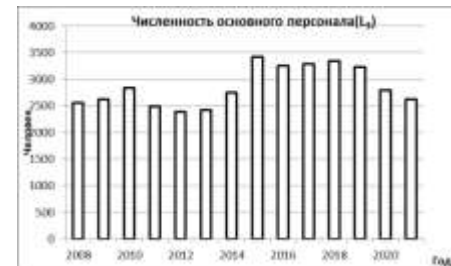
Затраты на НИОКР (K₃, тыс. руб.)



Прием студентов в СамГТУ (L₁, чел.)



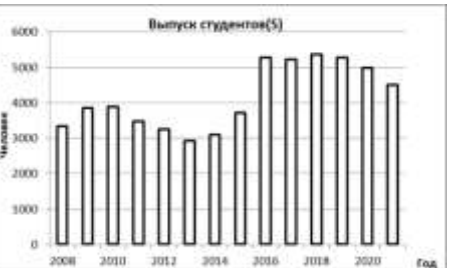
Общее количество студентов, принятых на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг (L₂, чел.)



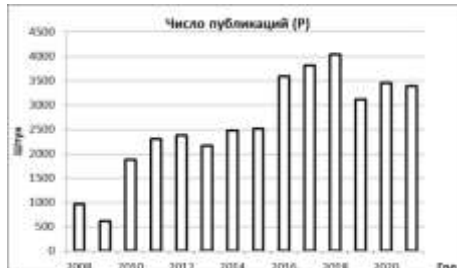
Общая численность работников СамГТУ (L₃, чел.)



Численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук (L₄, чел.)



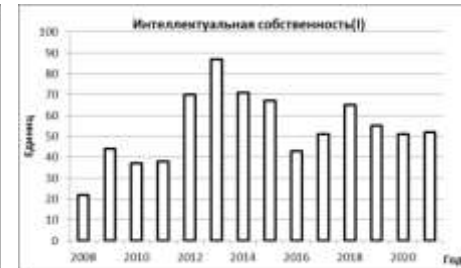
Выпуск студентов (S, чел.)



Общее число научных публикаций СамГТУ (P, шт.)



Выполнение НИР по грантам СамГТУ (G, ед.)



Генерация объектов интеллектуальной собственности (I, ед.)

Регрессионные математические модели.

Оценка качества моделирования

Математическая модель в степенной мультипликативной форме

$$z_m = A_m \prod_{n=1}^{\hat{I}} x_{nm}^{\delta_{nm}} \quad (1)$$

$$\delta_{nm} = \arg \min_{\delta_{nm} \in R_n} \sum_{n=1}^{\hat{I}} (\ln \tilde{y} - \ln z_m)^2 \quad (2)$$

$$0 < x_{nm} < \infty, |\delta_{nm}| < \infty, x_{nm} \in R_n, \delta_{nm} \in R_n \quad (3)$$

x_{nm} - n -е входные переменные (факторы) m -й модели; ¶

δ_{nm} - эластичность (чувствительность) выходной переменной z_m к соответствующей n -ой входной переменной (входному фактору); ¶

\hat{I} - количество входных переменных (входных факторов); ¶

Ψ - количество выходных переменных (моделей); ¶

A_m - масштабный коэффициент; ¶

\tilde{y} - статистические данные; ¶

$n = 1, \hat{I}, m = 1, \Psi$. ¶

Коэффициент детерминации

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}{\sum_{t=1}^T (\tilde{y} - y_{cp})^2} \quad (4)$$

Критерий Дарбина-Уотсона

$$DW = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2} \quad (6)$$

F -статистика Фишера

$$F = R^2 \cdot (T - n - 1) / ((1 - R^2) \cdot n) \quad (5)$$

$\varepsilon_t = \tilde{y} - y_k$ - отклонение;

\tilde{y} - действительное значение выходной переменной;

y_k - расчетное (модельное) значение выходной переменной;

T - число наблюдений;

$T \geq n+1, i \in [0, n]$; n - число коэффициентов множественной линейной регрессии;

$y_{cp} = \frac{\sum_{t=1}^T \tilde{y}}{T}$ - среднее значение выходной переменной.

Системная структура регрессионных степенных мультипликативных многофакторных математических моделей, отражающих существенные системные связи регионального производственного комплекса нефтяной кластер

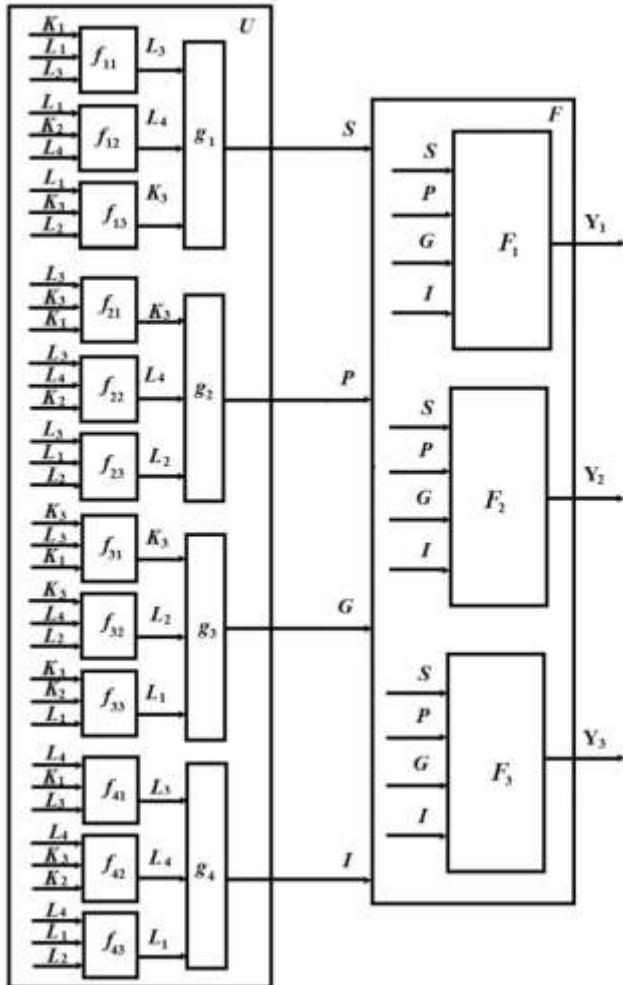


Таблица 2- Комбинации входов модели вуза

Комбинации входов	S, чел.		P, шт.		G, ед.		I, ед.	
	K_1	L_1	L_3	f_{21}	K_3	f_{31}	L_4	f_{41}
I	L_1	L_3	K_3	f_{21}	K_1	f_{31}	K_1	f_{41}
II	L_1	L_3	L_4	f_{22}	L_4	f_{32}	L_4	f_{42}
III	K_3	L_1	L_3	f_{23}	K_2	f_{33}	L_4	f_{43}

Система регрессионных степенных мультипликативных многофакторных математических моделей, отражающих существенные системные связи вуза и нефтяного производства

Таблица 3- Факторные эластичности

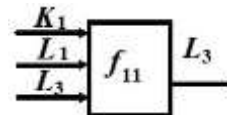
Факторные эластичности	Факторы	Входные характеристики
α	L_1	Общее количество студентов, принятых в вуз
β	L_2	Количество студентов, принятых на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг на 1 курс
γ	K_1	Общий объем бюджетных средств
δ	K_2	Общий объем средств вуза
ψ	K_3	Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза
θ	L_3	Общая численность работников
η	L_4	Работники с учеными степенями доктора и кандидата наук
λ		Для фактора НПП

$$S(t) = A \cdot K_1(t)^\gamma \cdot L_1(t)^\alpha \cdot L_3(t)^\theta \quad (7)$$

$$S(t) = A \cdot K_1(t)^\gamma \cdot L_1(t)^\alpha \cdot L_3(t)^\theta \cdot e^{\lambda t} \quad (8)$$

$$A \in (0, A_{\max}] \subset R_n, \quad \gamma \in [0, \gamma_{\max}] \subset R_n, \quad \alpha \in [0, \alpha_{\max}] \subset R_n,$$

$$\theta \in [0, \theta_{\max}] \subset R_n, \quad \lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n \quad (9)$$

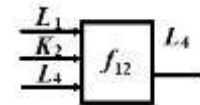


$$S(t) = A \cdot L_1(t)^\alpha \cdot K_2(t)^\delta \cdot L_4(t)^\eta \quad (10)$$

$$S(t) = A \cdot L_1(t)^\alpha \cdot K_2(t)^\delta \cdot L_4(t)^\eta \cdot e^{\lambda t} \quad (11)$$

$$A \in (0, A_{\max}] \subset R_n, \quad \alpha \in [0, \alpha_{\max}] \subset R_n,$$

$$\delta \in [0, \delta_{\max}] \subset R_n, \quad \eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n, \quad \lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n \quad (12)$$

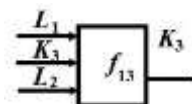


$$S(t) = A \cdot L_1(t)^\alpha \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_2(t)^\beta \quad (13)$$

$$S(t) = A \cdot L_1(t)^\alpha \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_2(t)^\beta \cdot e^{\lambda t} \quad (14)$$

$$A \in (0, A_{\max}] \subset R_n, \quad \alpha \in [0, \alpha_{\max}] \subset R_n, \quad \psi \in [0, \psi_{\max}] \subset R_n,$$

$$\beta \in [0, \beta_{\max}] \subset R_n, \quad \lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n \quad (15)$$



S - количество выпускников

Регрессионная математическая модель количества выпускников

- общее количество студентов принятых в вуз – L_1 , чел.
- общий объем средств вуза – K_2 , тыс. руб.
- общее количество работников с учеными степенями доктора и кандидата наук - L_4 , чел.

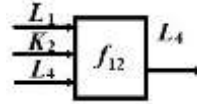
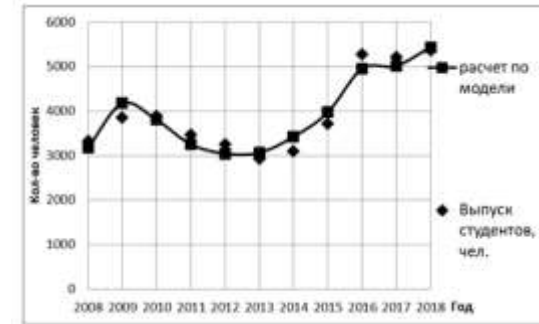
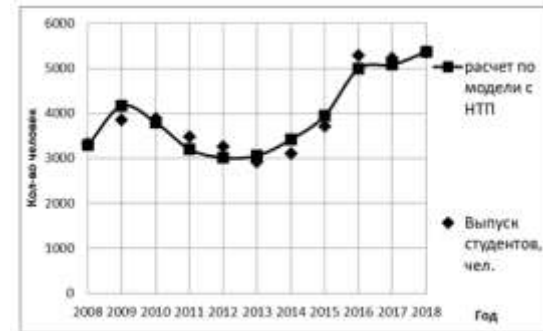


Таблица 4 - Характеристики математических моделей

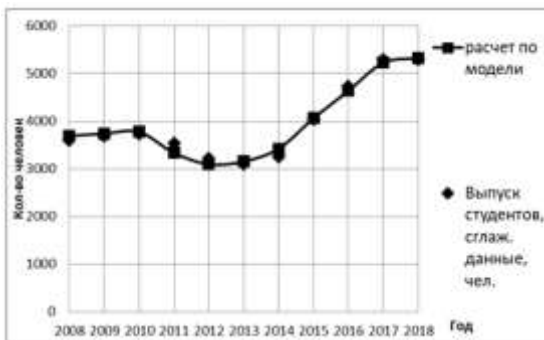
Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	несплаженные данные		сплаженные данные	
		Без учёта НТП	С учётом НТП	Без учёта НТП	С учётом НТП
A		0,548	0,033	0,301	27,15
L_1 - Общее количество студентов принятых в вуз	α	-0,906	-0,808	-1,078	-1,299
K_2 - Общий объем средств вуза	β	0,638	0,746	0,829	0,654
L_4 - Общее количество работников с учеными степенями доктора и кандидата наук	η	1,085	1,169	0,977	0,935
Фактор НТП	λ		-0,016		0,024
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	1,629	1,453	1,328	1,738
Кoeffициент детерминации	R^2	0,918	0,921	0,973	0,978
Критерий Фишера	F	25,938	17,593	84,593	65,981



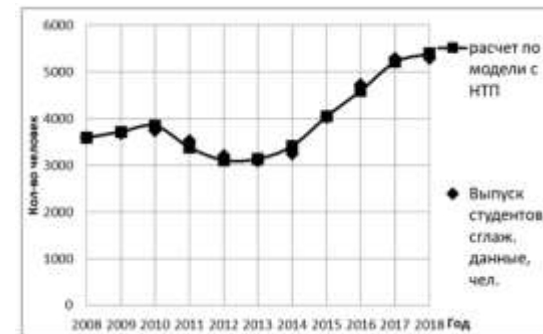
Результаты моделирования для ПФ без учета НТП



Результаты моделирования для ПФ с учетом НТП



Результаты моделирования для ПФ без учета НТП(сглаженные данные)



Результаты моделирования для ПФ с учетом НТП(сглаженные данные)

Регрессионная математическая модель количества выпускников

- общая численность работников – L_3 ;
- общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук – L_4 , чел.;
- затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб.

$$S(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_4(t)^\eta \cdot K_3(t)^\psi \quad (16)$$

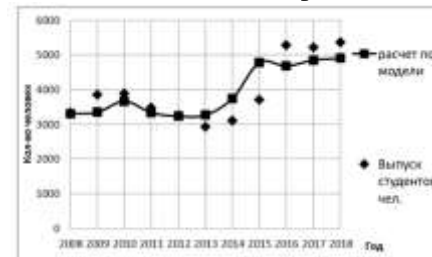
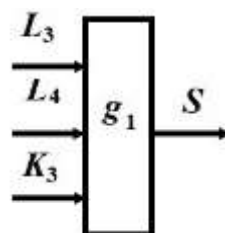
$$S(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_4(t)^\eta \cdot K_3(t)^\psi \cdot e^{\lambda t} \quad (17)$$

$$A \in (0, A_{\max}] \subset R_n, \theta \in [0, \theta_{\max}] \subset R_n, \eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n,$$

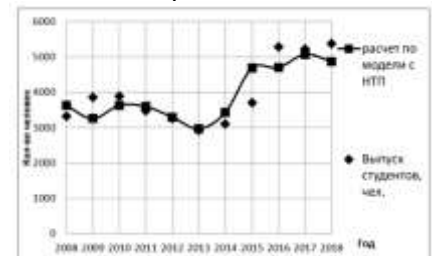
$$\psi \in [0, \psi_{\max}] \subset R_n, \lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n \quad (18)$$

Таблица 5 - Характеристики математических моделей

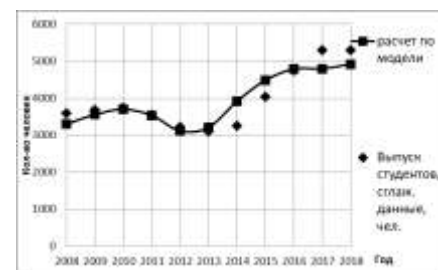
Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	несглаженные данные		сглаженные данные	
		Без учёта НТП	С учётом НТП	Без учёта НТП	С учётом НТП
A		0,44	0,0002	0,0003	6,35E-10
L_3 – Общая численность работников	θ	0,586	-0,451	3,294	-0,546
L_4 – Общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук	η	0,609	2,492	-2,136	3,454
K_3 – Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза	ψ	0,032	0,327	0,336	0,929
Фактор НТП	λ		-0,077		-0,167
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	1,174	1,886	0,789	2,058
Коэффициент детерминации	R^2	0,66	0,731	0,816	0,959
Критерий Фишера	F	4,53	4,068	10,335	34,938



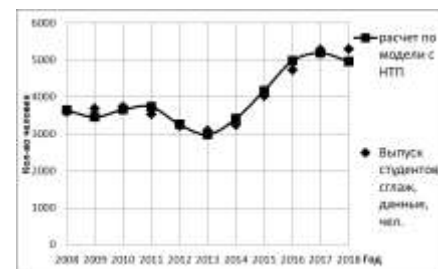
Результаты моделирования для ПФ без учета НТП



Результаты моделирования для ПФ с учетом НТП



Результаты моделирования для ПФ без учета НТП(сглаженные данные)



Результаты моделирования для ПФ без учета НТП(сглаженные данные)

Системное моделирование кадрового обеспечения нефтяной отрасли

$$y_k(t) = A_k \cdot S(t)^{\chi_k} \cdot P(t)^{\kappa_k} \cdot G(t)^{\varphi_k} \cdot I(t)^{\rho_k} \cdot e^{\mu_k t} \quad (19)$$

$$0 < A_k < \infty, \quad 0 < S < \infty, \quad 0 < P < \infty, \quad 0 < G < \infty, \quad 0 < I < \infty,$$

$$|\chi_k| < \infty, \quad |\kappa_k| < \infty, \quad |\varphi_k| < \infty, \quad |\rho_k| < \infty, \quad |\mu_k| < \infty,$$

$$A_k \in (0, A_{\max}] \subset R_n, \quad \chi_k \in [0, \chi_{\max}] \subset R_n, \quad \kappa_k \in [0, \kappa_{\max}] \subset R_n,$$

$$\varphi_k \in [0, \varphi_{\max}] \subset R_n, \quad \rho_k \in [0, \rho_{\max}] \subset R_n, \quad \mu_k \in [0, \mu_{\max}] \subset R_n \quad (20)$$

$$\hat{Y} = \frac{1}{T_{\max}} \int_0^{T_{\max}} \varepsilon_t^2 dt \rightarrow \min_{A_k, \chi_k, \kappa_k, \varphi_k, \rho_k} \hat{Y} \quad (21)$$

- $\delta_{1m} = \chi$ - коэффициент эластичности для фактора выпуска студентов S ,
- $\delta_{2m} = \kappa$ - коэффициент эластичности для фактора общего числа научных публикаций P ,
- $\delta_{3m} = \varphi$ - коэффициент эластичности для фактора выполнения НИР по грантам G ,
- $\delta_{4m} = \rho$ - коэффициент эластичности для фактора генерации объектов интеллектуальной собственности I ,
- $\delta_{5m} = \mu$ - коэффициент эластичности для фактора НТП.

Регрессионная математическая модель влияния индикаторов работы вуза на объем нефти, поступившей на переработку в Самарской области

$$Y_1(t) = A_1 \cdot S(t)^{\chi_1} \cdot P(t)^{\kappa_1} \cdot G(t)^{\varphi_1} \cdot I(t)^{\rho_1} \quad (22)$$

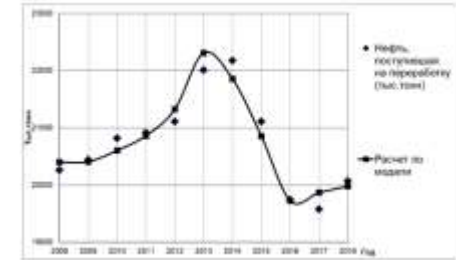
$$Y_1(t) = A_1 \cdot S(t)^{\chi_1} \cdot P(t)^{\kappa_1} \cdot G(t)^{\varphi_1} \cdot I(t)^{\rho_1} \cdot e^{\mu_1 t} \quad (23)$$

где Y_1 - объем нефти, поступивший на переработку (тыс. тонн)

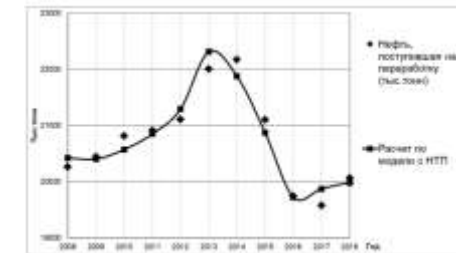
$$A_1 \in (0, A_{1\max}] \subset R_n, \quad \chi_1 \in [0, \chi_{1\max}] \subset R_n, \quad \kappa_1 \in [0, \kappa_{1\max}] \subset R_n, \\ \varphi_1 \in [0, \varphi_{1\max}] \subset R_n, \quad \rho_1 \in [0, \rho_{1\max}] \subset R_n, \quad \mu_1 \in [0, \mu_{1\max}] \subset R_n \quad (24)$$

Таблица 6 - Характеристики математических моделей

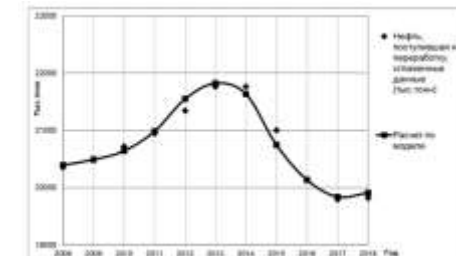
Эластичность	Количество нефти, поступившей на переработку			
	$Y_1(t)$			
	несглаженная модель		сглаженная модель	
	Без учёта НТП	С учётом НТП	Без учёта НТП	С учётом НТП
A_1	55651,117	60830,04	64134,249	20468,89
χ_1 - для фактора S	-0,146	-0,154	-0,167	-0,047
κ_1 - для фактора P	0,018	0,016	0,022	-0,006
φ_1 - для фактора G	-0,023	-0,023	-0,015	0,012
ρ_1 - для фактора I	0,042	0,038	0,033	0,114
μ_1 - для фактора НТП		0,001		-0,008
Качество моделирования				
Критерий Дарбина-Уотсона DW_1	1,92	1,975	0,963	1,596
Коэффициент детерминации R^2_1	0,936	0,936	0,943	0,949
Критерий Фишера F_1	22,085	14,847	24,6	18,439



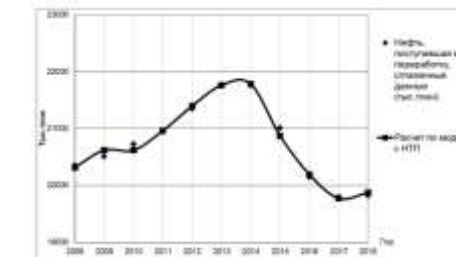
Результаты моделирования для ПФ без учета НТП



Результаты моделирования для ПФ с учетом НТП

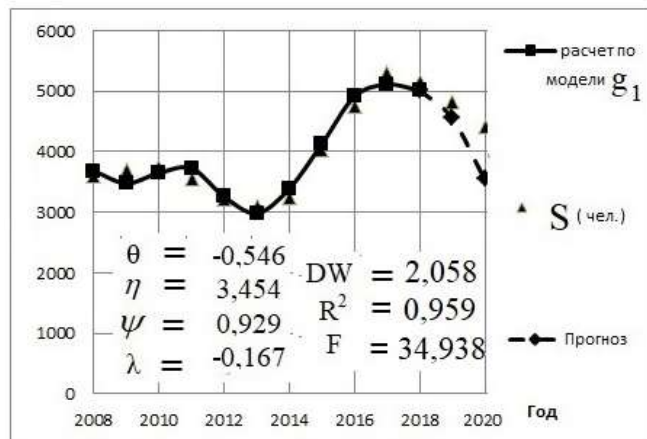


Результаты моделирования для ПФ без учета НТП (сглаженные данные)

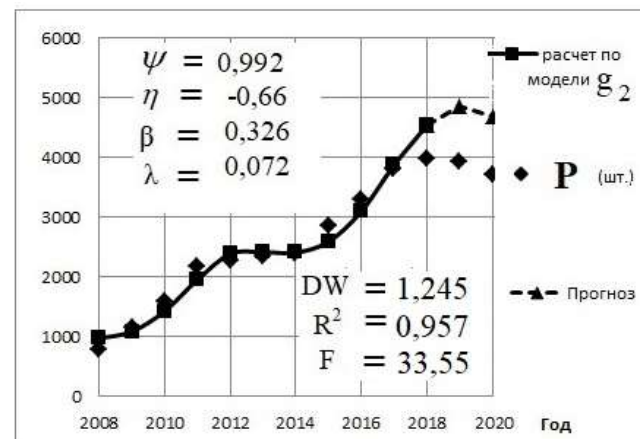


Результаты моделирования для ПФ с учетом НТП (сглаженные данные)

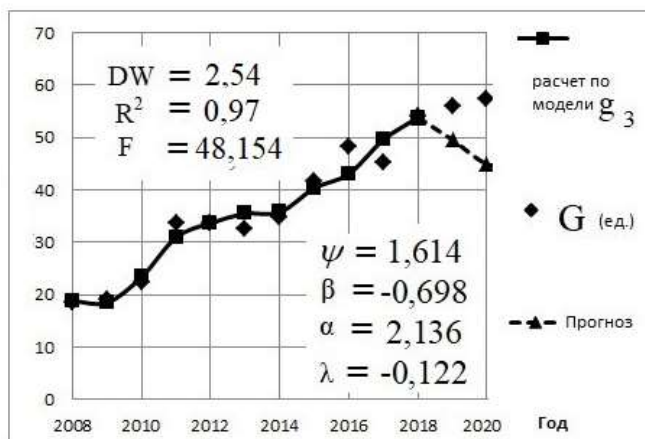
Результаты моделирования и прогноз эффективности использования ресурсов вуза



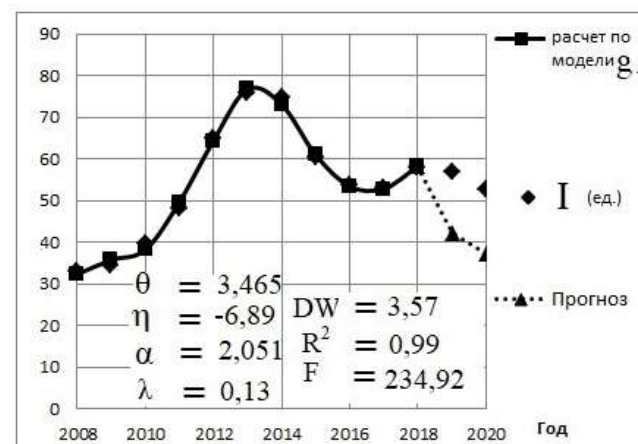
Результаты моделирования и прогноз по модели g_1



Результаты моделирования и прогноз по модели g_2

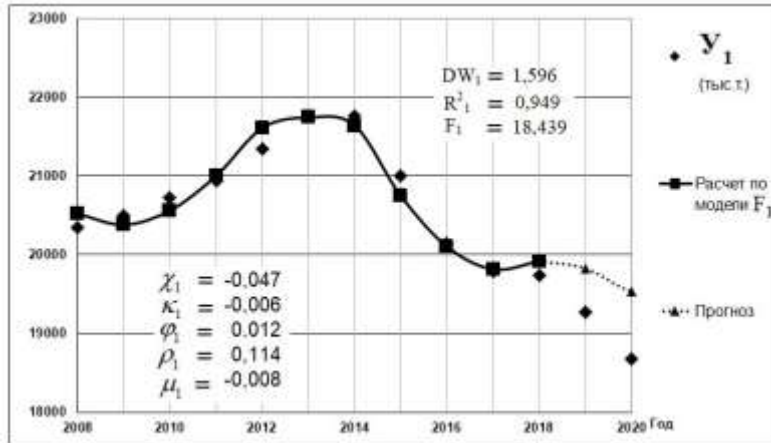


Результаты моделирования и прогноз по модели g_3

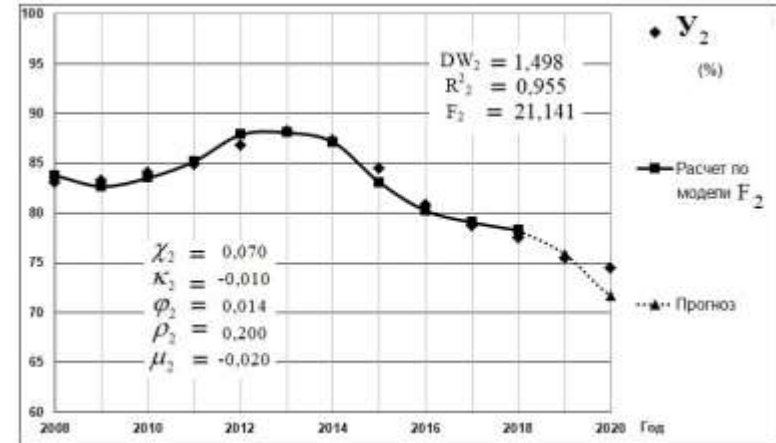


Результаты моделирования и прогноз по модели g_4

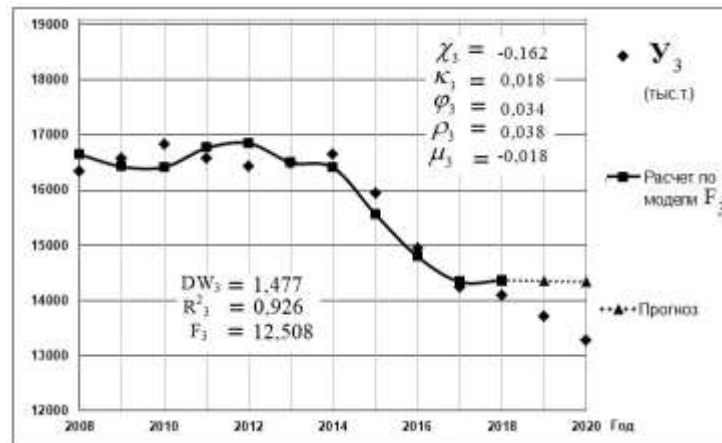
Среднесрочный ретроспективный прогноз эффективности кадрового обеспечения нефтяной отрасли



Прогноз количества нефти, поступившей на переработку Y_1 по модели F_1



Прогноз среднегодовой производственной мощности нефти Y_2 по модели F_2



Прогноз производства нефтепродуктов Y_3 по модели F_3

Заключение

- Проанализирована подготовка кадров в вузах в Самарской области.
- Проведен анализ нефтяной промышленности и оценка эффективности нефтяной отрасли как сложной системы.
- Сформулирована система степенных мультипликативных многофакторных математических моделей, отражающих существенные системные связи кадрового обеспечения нефтяной отрасли, отличающаяся низкой ресурсоемкостью и ориентацией на изоморфную трансформацию к линейной регрессионной форме с целью параметрической идентификации и оценки качества моделирования. Установлена достаточно хорошая адекватность моделей.
- Показана возможность использования полученных моделей для прогнозирования при управлении кадровой политикой.
- В системе поддержки принятия решений по кадровому обеспечению региональной отрасли математические модели могут использоваться для выработки рекомендаций как для вуза, так и для регионального отраслевого менеджмента. Такие управленческие решения помогут повысить эффективность региональной промышленной отрасли за счет подготовки высококвалифицированных кадров.

x

СПАСИБО

Самарский государственный
технический университет

<https://samgtu.ru/>

π



τ

