

УДК 330.322. 2

Регрессионная модель инвестиций в основной капитал с динамическими структурными параметрами

Панков Н.Н.,

исследователь в области
экономических наук, старший
преподаватель кафедры менеджмента,
Белорусский национальный
технический университет, г. Минск,
Беларусь,
E-mail: Pankou_mikalai@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается метод построения регрессионных моделей, когда значения параметров являются переменными величинами. Использование данного метода иллюстрируется на примере модели инвестиций в основной капитал. В качестве переменных использованы показатели развития различных отраслей экономики Республики Беларусь. Автором в процессе анализа выбрано уравнение, наиболее точно отражающее взаимосвязи между показателями, и сделан прогноз на 2020 год.

Ключевые слова: инвестиционная деятельность в Республике Беларусь, инвестиции, регрессия, регрессионная модель, линейный регрессионный анализ, капитал.

Regression Model of Fixed Capital Investment With Dynamic Structural Parameters

Pankov N. N.,

researcher in the field of economic
Sciences, senior lecturer of the
Department of management, Belarusian
national technical University, Minsk,
Belarus,
E-mail: Pankou_mikalai@mail.ru

Abstract. The article discusses the method of constructing regression models, when the parameters are variable values. The use of this method is illustrated by the example of the investment in fixed capital model. Indicators of development of various sectors of the economy of the Republic of Belarus are used as parameters. The author in the process of analysis selected the equation that most accurately reflects the relationship between the indicators, and made a forecast for 2020.

Keywords: Investment activity in the Republic of Belarus, Investments, regression, regression model, linear regression analysis, capital.

DOI: 10.31432/1994-2443-2021-16-1-29-39

Цитирование публикации: Панков Н.Н. Регрессионная модель инвестиций в основной капитал с динамическими структурными параметрами // Информация и инновации. 2021, Т. 16, № 1. с. 29-39. DOI: 10.31432/1994-2443-2021-16-1-29-39

Citation: Pankov N. N. Regression model of fixed capital investment with dynamic structural parameters // Information and Innovations 2021, T. 16, № 1. p. 29-39. DOI: 10.31432/1994-2443-2021-16-1-29-39

Инвестиционная деятельность в Республике Беларусь выступает одной из главных форм экономической деятельности. Развитие рыночной экономики и достижение устойчивого экономического роста определяются инвестиционными процессами, происходящими в государстве.

Одним из наиболее эффективных способов выявления таких показателей является построение регрессионной модели.

Регрессионный анализ позволяет моделировать, проверять и исследовать пространственные отношения, а также выявлять факторы, предопределяющие наличие пространственных структурных закономерностей.

При проведении регрессионного анализа выбирается одна независимая переменная и несколько критериальных.

Если результативный признак у реагирует на изменение фактора x или факторов $(x_1, x_2, \dots, x_n)$, то связь между величинами можно представить математической функцией. Подбор функции, которая наилучшим образом отображает реально существующие связи между анализируемыми признаками, зависит от степени разработки теории изучаемого экономического явления, от распределения значений переменных x и y .

Математическое описание зависимости среднего значения результативного признака y от факторов называется уравнением регрессии.

По числу переменных различают парную регрессию (уравнение связи между одной зависимой и одной независимой переменной) и множественную регрессию (уравнение связи между одной зависимой и несколькими независимыми переменными).

По виду зависимости регрессия бывает линейной и нелинейной. При этом нелинейная регрессия делится на экспоненциальную, полиномиальную, степенную, логарифмическую и прочие.

Регрессионный анализ в Excel реализуется с помощью инструмента Регрессия для линейного регрессионного анализа и набора специальных функций ЛГРФПРИБЛ, ФРАСП, СТЬЮДРАСП, РОСТ для экспоненциального регрессионного анализа, результатом применения которых является вывод специальных таблиц для оценки адекватности составленной модели.

Основными оцениваемыми показателями являются коэффициент детерминированности (R^2), который оценивается по шкале Чеддока (таблица 1), и достоверность (формула 3.1), оценка которой происходит на основе параметров значимость F (для уравнения) и P -значения (для коэффициентов).

$$\beta_f = 1 - \text{значимость } F, \quad (1)$$

где β_f — коэффициент достоверности уравнения.

Таблица 1

Коэффициент детерминированности

R^2	Сила связи
<0,3	Слабая
0,3-0,5	Умеренная
0,5-0,7	Заметная
0,7-0,9	Высокая
>0,9	Весьма высокая

Источник: составлено на основе [1, с. 95].

Достоверность уравнения или коэффициента считается высокой, если β_f больше 0,7; приемлемой, если β_f больше варьируется от 0,5 до 0,7; низкой, если β_f меньше 0,5.

Для оценки адекватности применяется средняя ошибка аппроксимации (формула 2).

$$\sigma = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{|\text{ост}_i|}{y_i}, \quad (2)$$

где σ — средняя ошибка аппроксимации;
 k — количество исходных значений;
 y_i — фактические значения y ;
 ост_i — значения остатков.

Если полученное значение не превышает 15%, то считается, что модель регрессии адекватно описывает исходные данные.

При проведении экспоненциального регрессионного анализа в качестве базы используется таблица, которая является результатом выполнения функции ЛГРФ-ПРИБЛ и в своей первой строке содержит коэффициенты в обратном порядке (m_n , b), во второй — натуральные логарифмы стандартных отклонений ($\ln S_n$, $\ln S_b$), в первой ячейке третьей строки — коэффициент детерминированности (R_2), а в первых двух ячейках четвертой строки — параметры F и df .

При этом значение функции FРАСП (F , n , df), где n — количество независимых переменных, F и df взяты из вышеописанной таблицы, используется для вычисления коэффициента достоверности по формуле (1) и, соответственно, тождественно параметру значимость F .

Достоверность коэффициентов находится по функции СТЬЮДРАСП (t_i , df , 2), где значение df берется из вышеописанной таблицы, а t_i рассчитывается самостоятельно (формула 3).

$$t_i = \frac{\ln m_i}{\ln S_i}, \quad (3)$$

где t_i — значение t -статистики для i -го коэффициента;

m_i — i -й коэффициент;

S_i — i -ое стандартное отклонение.

В экспоненциальном регрессионном анализе данные значения могут быть предсказаны с помощью функции РОСТ.

Прогнозирование y производится путем подстановки в наиболее адекватное уравнение регрессии спрогнозированных значений x , которые вычисляются на основе уравнения трендовой модели с наиболее высокой степенью достоверности аппроксимации (R^2) для каждого из них.

В качестве методов проведения регрессионного анализа в отношении показателя «Инвестиции в основной капитал» были выбраны методы линейного и экспоненциального регрессионного анализа, а также проанализированы статистические данные шести независимых показателей, представленных в таблице 2.

Первоначально был осуществлен линейный регрессионный анализ, при проведении которого поэтапно исключались переменные, которые оказывают наименьшее влияние на результирующий показатель — инвестиции в основной капитал, а также имеют низкую степень взаимосвязи с ним (таблица 3).

Линейная модель регрессии с двумя независимыми переменными отличается высоким уровнем взаимосвязи между зависимой и независимыми переменными (коэффициент детерминированности по шкале Чеддока находится в промежутке $[0,7; 0,9]$). Достоверность уравнения в целом и коэффициентов в отдельности высокая и приемлемая, о чем свидетельствуют значения коэффициентов достоверности, превыша-

Таблица 2

Исходные данные для проведения регрессионного анализа

	Период	Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	Продукция промышленности, млрд руб.	Денежные доходы населения, млрд руб.	Внешнеторговый оборот, млрд долл. США	ВВП, млрд руб.	Розничный товарооборот, млрд руб.	Продукция сельского хозяйства, млрд руб.
2015	I полугодие	9,40	32,80	24,90	43,70	34,50	14,30	3,70
	II полугодие	13,20	34,10	27,30	43,40	43,30	16,60	9,40
2016	I полугодие	9,30	35,10	27,30	32,70	39,90	16,30	4,20
	II полугодие	11,40	37,80	29,00	32,90	47,10	18,40	9,50
2017	I полугодие	8,00	38,90	28,50	28,10	43,70	17,40	4,50
	II полугодие	10,10	40,50	29,90	31,50	50,60	18,80	10,80
2018	I полугодие	8,20	43,60	30,40	33,30	47,70	18,20	5,30
	II полугодие	12,20	49,40	33,40	39,50	57,50	21,00	12,90
2019	I полугодие	10,3	52,9	32,70	40,30	55,9	21,00	5,90
	II полугодие	14,3	57,2	36,20	31,80	65,6	23,70	13,10

Источник: составлено на основе [2, с. 8; 3, с. 8; 4, с. 8; 5].

ющие 0,5. В целом, модель адекватна, поскольку ошибка аппроксимации составляет менее 15%.

С увеличением количества переменных улучшаются показатели коэффициента детерминированности (оцениваются по шкале Чеддока как высокие, т.к. превышают 0,7) и средней ошибки аппроксимации, т.е. усиливается взаимосвязь между переменными и повышается уровень адекватности описа-

ния полученными моделями исходных данных.

Однако наряду с приведенными позитивными явлениями в линейных регрессиях с шестью и тремя независимыми показателями, несмотря на высокую достоверность полученных уравнений, наблюдается резкое падение достоверности свободного коэффициента b до отметки «низкая».

Таблица 3

Результаты линейного регрессионного анализа

Наименование		Линейная регрессия с 6 переменными	Линейная регрессия с 5 переменными	Линейная регрессия с 3 переменными	Линейная регрессия с 2 переменными
Коэффициент детерминированности (R^2)		0,854432	0,854367	0,78275	0,77730
Коэффициент достоверности уравнения (β_F)		0,797254	0,920348	0,97948	0,99479
Коэффициент достоверности коэффициентов уравнения (β_{mi})	m_1	0,281184	0,391879	0,860078	0,880505
	m_2	0,026876	0,874292	0,288555	0,997714
	m_3	0,749078	0,471546	0,967924	–
	m_4	0,404839	0,745538	–	–
	m_5	0,666833	0,518208	–	–
	m_6	0,425796	–	–	–
	b	0,355513	0,693048	0,15256632	0,630832
Средняя ошибка аппроксимации (σ)		5,27850%	6,18290%	6,39802%	6,91162%

Источник: собственная разработка.

В линейной регрессии с шестью независимыми переменными высокой достоверности достигает лишь коэффициент m_3 (0,749078), остальные коэффициенты относятся к разряду низкой (m_1, m_2, m_4, m_6) либо приемлемой (m_5) достоверности.

Коэффициенты уравнений в линейной регрессии с пятью независимыми показателями коэффициенты m_2, m_4 обладают высокой достоверностью, m_1 и m_5 — достаточной, а остальные низкой.

В линейной регрессии с тремя переменными к коэффициентам с низкой достоверностью относятся m_2 и b .

В результате было выявлено, что наибольшее влияние на категорию «Инвести-

ции в основной капитал» оказывают такие показатели, как внешнеторговый оборот и продукция сельского хозяйства.

Далее аналогичным образом был произведен экспоненциальный анализ, результаты которого отражены в таблице 4.

Высоким уровнем взаимосвязи между зависимой и независимыми переменными (коэффициент детерминированности по шкале Чеддока находится в промежутке [0,7; 0,9]) характеризуется модель с двумя переменными. Значения достоверности уравнения и коэффициентов являются высокими, так как превышают 0,7.

Достоверность уравнений экспоненциальных регрессий с пятью, шестью и тремя

Таблица 4

Результаты экспоненциального регрессионного анализа

Наименование		Экспоненци- альная регрессия с 6 переменными	Экспоненци- альная регрессия с 5 переменными	Экспоненци- альная регрессия с 3 переменными	Экспоненци- альная регрессия с 2 переменными
Коэффициент де- терминированности (R^2)		0,89134	0,89118	0,80407	0,80052
Коэффициент достоверности уравнения (β_F)		0,86294	0,95371	0,98481	0,99645
Коэффициент достоверности коэффициен- тов уравнения (β_{mi})	m_1	0,317116899	0,496345893	0,98476221	0,92372542
	m_2	0,048541843	0,93001736	0,247221571	0,998329436
	m_3	0,820575213	0,559547196	0,975571852	–
	m_4	0,473020411	0,830067223	–	–
	m_5	0,756921612	0,570403616	–	–
	m_6	0,489782722	–	–	–
	b	0,023231942	0,0487473	0,98476221	0,999734087
Средняя ошибка аппроксимации (σ)		5,09584%	5,08711%	7,04860%	7,19425%

Источник: собственная разработка.

независимыми можно отметить как высокую. Также большая часть коэффициентов в моделях с пятью и тремя имеют высокую и приемлемую достоверность.

Таким образом, несмотря на наличие моделей с более высокими значениями коэффициентов детерминированности и достоверности уравнения и меньшей величиной средней ошибки аппроксимации, наиболее адекватными представляются линейная и экспоненциальная регрессии с двумя независимыми показателями, поскольку в них отсутствуют коэффициенты с низким уровнем достоверности, т.е. по своей сути

данные модели обладают наибольшей сбалансированностью и стабильностью.

Среди двух указанных моделей для осуществления прогнозирования выбрана экспоненциальная регрессия в связи с наличием более сильных взаимосвязей между зависимой и независимыми переменными, а также более высоким уровнем достоверности уравнения.

Для построения трендовых моделей данные были сгруппированы по периодам с присвоением каждому периоду номера по порядку, как представлено в таблице 5.

Таблица 5

Распределение отобранных данных по периодам

	Период	№ периода	Внешнеторговый оборот, млрд долларов США	Продукция сельского хозяйства, млрд руб.
			X1	X3
2015	I полугодие	1	43,70	3,70
	II полугодие	2	43,40	9,40
2016	I полугодие	3	32,70	4,20
	II полугодие	4	32,90	9,50
2017	I полугодие	5	28,10	4,50
	II полугодие	6	31,50	10,80
2018	I полугодие	7	33,30	5,30
	II полугодие	8	39,50	12,90
2019	I полугодие	9	40,30	5,90
	II полугодие	10	31,80	13,10

Источник: собственная разработка

Далее для каждой независимой был построен график, к которому была добавлена линия тренда с выводом значения R^2

и уравнением зависимости. Первым был использован логарифмический тренд, отраженный на рисунке 1.

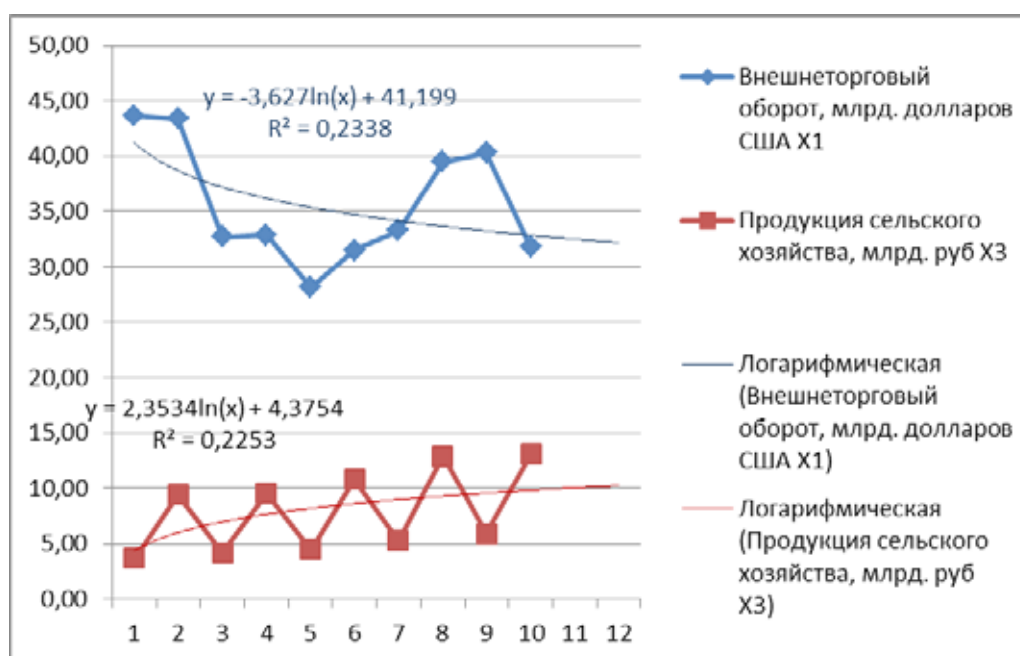


Рисунок 1. Логарифмический тренд

Источник: собственная разработка

На рисунке 2 представлена степенная линия тренда.



Рисунок 2. Степенной тренд
Источник: собственная разработка.

Далее были построены два графика с использованием экспоненциальной и линей-

ной линии тренда. Экспоненциальная линия тренда приведена на рисунке 3.

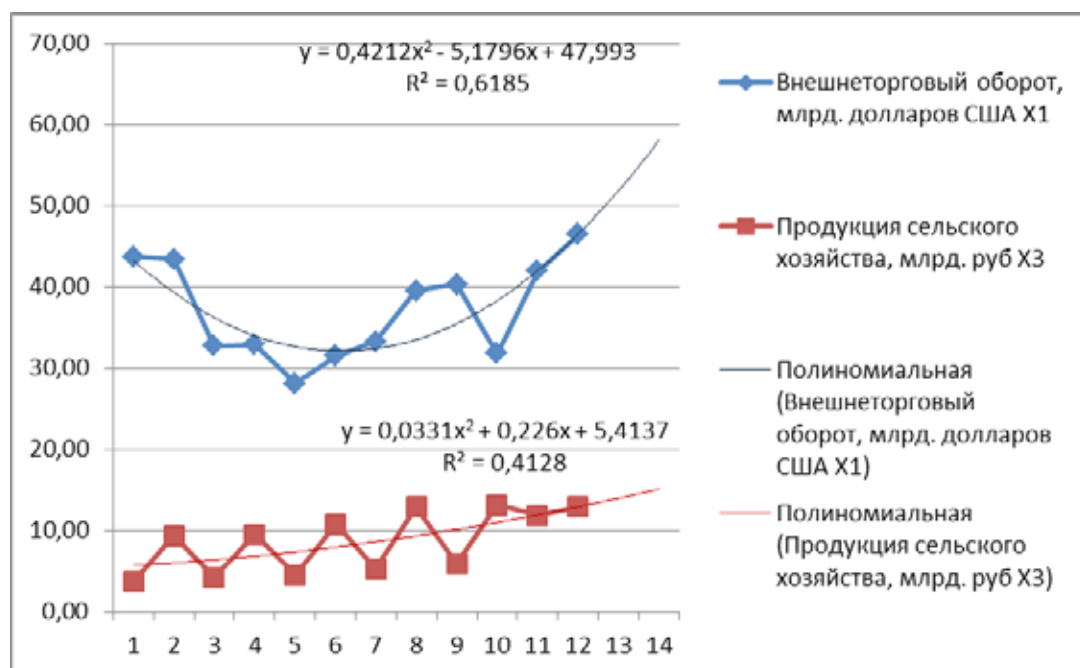


Рисунок 3. Полиномиальный тренд
Источник: собственная разработка.

Рисунок 4 отражает линейный тренд.

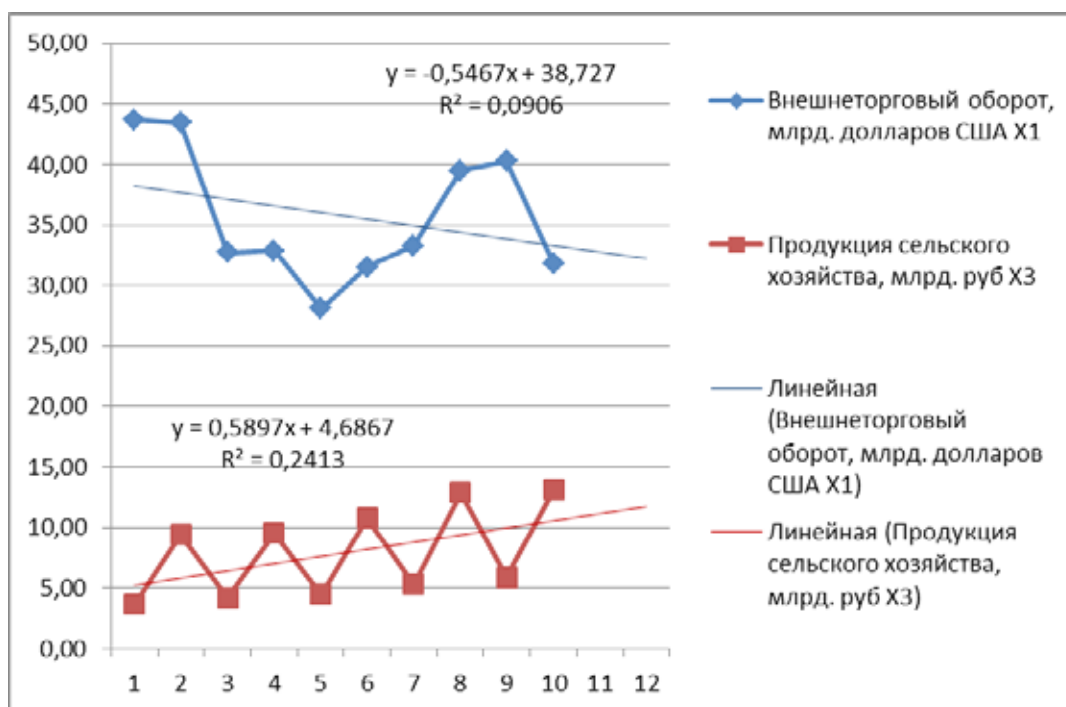


Рисунок 4. Линейный тренд

Источник: собственная разработка.

В результате для проведения прогноза на 2020 год для обеих категорий были выбраны полиномиальные уравнения.

Полученные значения были подставлены в уравнение регрессии и получен результат, представленный в таблице 6.

Таблица 6

Результаты экспоненциального прогноза

	Период	Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	Внешнеторговый оборот, млрд долл. США	Производство сельского хозяйства, млрд руб.
			X1	X3
2020	I полугодие	13,50189	41,9782	11,9039
	II полугодие	14,92313	46,4858	12,8901

Источник: собственная разработка.

Полученные результаты прогноза соответствуют общей тенденции развития переменных и могут быть приняты в качестве достоверных.

Для подтверждения эффективности выбранного уравнения был также осуществлен линейный прогноз, результаты которого отражены в таблице 7.

Таблица 7

Результаты линейного прогноза

	Период	Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	Внешнеторговый оборот, млрд долл. США	Продукция сельского хозяйства, млрд руб.
			X1	X3
2020	I полугодие	11,64722	32,7133	11,1734
	II полугодие	11,87734	32,1666	11,7631

Источник: собственная разработка.

Данные линейного прогноза не совсем закономерны, поэтому данный прогноз не может быть принят в качестве достоверного.

Таким образом, проведенный регрессионный анализ поступления инвестиций в основной капитал с динамическими структурными параметрами позволил сделать следующие выводы:

- наибольшее влияние на объем инвестиций в основной капитал оказывают внешнеторговый оборот и продукция сельского хозяйства, так как в процессе анализа были постепенно исключены остальные показатели, которые имели невысокий уровень связи с основной переменной либо отрицательно влияли на достоверность уравнения;
- для обеих моделей наиболее точной является регрессия с двумя переменными, что подтверждается отсутствием в данных моделях переменных с низким уровнем взаимосвязи с основной переменной. Также экспоненциальный регрессионный анализ является более

эффективным, чем линейный для рассматриваемой регрессионной модели. Это связано с тем, что достоверность полученного конечного экспоненциального уравнения составляет 0,99645, а линейного — 0,99479. Уровень взаимосвязи переменных в экспоненциальной модели также более высокий, чем в линейной;

- в результате построения графиков и использования линии тренда для прогнозирования независимых переменных был сделан вывод, что наиболее целесообразно использовать полиномиальные уравнения. Согласно полученным данным был составлен экспоненциальный прогноз поступления инвестиций в основной капитал на 2020 год, так в первом полугодии объем инвестиций составит 11,9039 миллиардов рублей, а во втором — 12,8901 миллиардов рублей, что соответствует общей тенденции развития за последние пять лет. В качестве доказательства подтверждения эффективности выбран-

ной модели был также осуществлен линейный прогноз, результаты которого оказались незакономерными.

Несмотря на полученный благоприятный прогноз поступления инвестиций в основной капитал в краткосрочной перспективе, в целом, на пути привлечения инвестиций в экономику Республики Беларусь существует ряд проблем, которые нуждаются в организационном, экономическом и правовом регулировании, поскольку на современном этапе развития государство нуждается в проведении активной инвестиционной политики, в привлечении инвестиционного капитала для модернизации промышленности, поддержании положительного баланса внешнеэкономической деятельности, финансировании высокотехнологичных капиталоемких проектов, а также в повышении качественных показателей деятельности на микро- и макроуровнях. Следует отметить, что прибыльность является важнейшим критерием, который определяет приоритетность инвестиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистика: учебник / под ред. И.И. Елисеевой. — СПб.: Питер: Лидер, 2010. — 361 с.
2. Статистическое обозрение Беларуси, январь — декабрь 2016 г. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. — Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2017. — 132 с.
3. Статистическое обозрение Беларуси, январь — декабрь 2017 г. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. — Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2018. — 130 с.
4. Статистическое обозрение Беларуси, январь — декабрь 2018 г. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. — Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2019. — 131 с.
5. Социально-экономическое положение Республики Беларусь в 2019 году [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Режим доступа: URL: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_bulletin/index_12938/. — Дата доступа: 28.10.2020.

REFERENCES

1. Statistika: uchebnik / pod red. I.I. Eliseevoj. — SPb.: Piter: Lider, 2010. — 361 s.
2. Statisticheskoe obozrenie Belarusi, yanvar' — dekabr' 2016 g. / Nac. stat. kom. Resp. Belarus'. — Minsk: Nac. stat. kom. Resp. Belarus', 2017. — 132 s.
3. Statisticheskoe obozrenie Belarusi, yanvar' — dekabr' 2017g. / Nac. stat. kom. Resp. Belarus'. — Minsk: Nac. stat. kom. Resp. Belarus', 2018. — 130 s.
4. Statisticheskoe obozrenie Belarusi, yanvar' — dekabr' 2018 g. / Nac. stat. kom. Resp. Belarus'. — Minsk: Nac. stat. kom. Resp. Belarus', 2019. — 131 s.
5. Social'no-ekonomicheskoe polozhenie Respubliki Belarus' v 2019 godu [Elektronnyj resurs] // Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus'. — Rezhim dostupa: URL: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_bulletin/index_12938/. — Data dostupa: 28.10.2020.