

МАТЕМАТИКА

КОРРЕЛЯТИВНАЯ ВАРИАЦИЯ НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ

Мазуркин Петр Матвеевич

Докт. техн. наук, проф.,

*Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола,
Россия*

CORRELATIVE VARIATION OF INDISABLE AMINO ACIDS

Mazurkin Peter Matveevich

Doc. tech. Sciences, Prof., Volga State Technological University,

Yoshkar-Ola, Russia

Аннотация.

На примере таблицы содержания восьми незаменимых аминокислот в 22 продуктах показана методология факторного анализа и определения коэффициента коррелятивной вариации, вычисляемого как отношение суммы коэффициентов корреляции устойчивых законов и закономерностей бинарных отношений между аминокислотами к произведению количества аминокислот как влияющих переменных и как зависимых показателей. Показано, что этот критерий оценки зависит от состава продуктов и множества учитываемых аминокислот. Поэтому предложено составить более полную таблицу с учетом множества объектов, в которых учитывается содержание всех 20 аминокислот. Закон бинарных отношений между аминокислотами равен сумме показательного закона и биотехнического закона стрессового возбуждения в продукте. По коэффициентам корреляции отдельных бинарных отношений выполнены рейтинги аминокислот как влияющих переменных и как зависимых показателей. Рассмотрена корреляционная матрица сверхсильных связей незаменимых аминокислот при коэффициентах корреляции более 0.99, по части из которых даны графики. По характеру поведения предложено классифицировать бинарные отношения между аминокислотами на позитивные, нейтральные и негативные. Отдельно приведена методика рейтинга продуктов. Даны уравнения и графики ранговых распределений содержания незаменимых аминокислот в продуктах. Дан рейтинг незаменимых аминокислот по дисперсии остатков от уравнений бинарных отношений и ранговых распределений.

Abstract.

On the example of the table of contents of eight essential amino acids in the 22 products shown methodology of factor analysis and definition of correlative coefficient of variation, calculated as the ratio of the sum of the coefficients of correlation of stable laws and regularities of binary relations between the amino acids to the product of the number of amino acids as the influencing variables and a dependent indicators. It is shown that this criterion depends on the composition of products and a plurality of amino acids accounted. Therefore, it suggested a more complete view of the table with a set of objects, in which all 20 amino acids based on the contents. Law binary relations between amino acids is equal to the sum of an exponential law and biotechnology law stress field in the product. According to the individual correlation coefficients of binary relations are made of amino acids affect the ratings of both variables and how dependent indicators. We consider the correlation matrix of ultrahigh links essential amino acids with the correlation coefficients more than 0.99, on the part of which are the graphics. By the nature of the behavior requested to classify the binary relationship between amino acids of positive, neutral and negative. Separately, the rating methodology, see products. Equations given rank distributions and graphics content of essential amino acids in the products. Given the rating of essential amino acids residues from the dispersion equations of binary relations and rank distributions.

Ключевые слова: аминокислоты, продукты, факторный анализ, закономерности, коэффициенты корреляции, коэффициент коррелятивной вариации

Keywords: amino acids, products, factor analysis, patterns, correlation coefficients, correlative coefficient of variation

1. Введение

Под выражением «коррелятивная вариация» Чарльз Дарвин разумеет, что «вся организация во время роста и развития внутренне связана, и когда слабые вариации встречаются в какой-нибудь одной части и куммулируются путем естественного отбора, другие части оказываются модифицированными. ... Модификации в строении, признаваемые системати-

ками за весьма важные, могут зависеть исключительно от законов вариации и корреляции ...» [2, с. 126-128].

Например, фитоценоз [4] обладает, по крайней мере, тремя фундаментальными свойствами: *во-первых*, коррелятивной вариацией значений параметров во времени и пространстве; *во-вторых*, корреляция зависит от генотипических свойств вида

растения; *в-третьих*, вариация обусловлена фенотипическими свойствами, а также циклами солнечной активности [11], вращением Луны вокруг Земли и нашей планеты вокруг себя [5].

В соответствии с коррелятивной вариацией Ч. Дарвина, в период роста и развития организма существенные изменения в начальном возрасте повлекут за собой изменения в строении и у взрослого существа. «Таким образом, человек, отбирая и тем самым усиливая какую-нибудь особенность, почти, наверное, неумышленно модифицирует и другие части организма на основании таинственных законов корреляции» [2, с. 29]. Любая ненаследственная вариация для нас несущественна. Но число и разнообразие наследственных уклонений в строении, как незначительных, так и очень важных в физиологическом отношении, бесконечно.

Всё сущее – это вещи, свойства и отношения [10], причем в биосе отношения управляют вещами и меняют их структуры.

Цель статьи – показать законы и закономерности коррелятивной вариации содержания восьми незаменимых аминокислот во множестве из 22 продукта.

2. Концепция коррелятивной вариации

Изменчивость (вариабельность [2]) обычно связана с жизненными условиями, которым вид подвергался в течение нескольких последовательных поколений. В общем случае, по Дарвину, имеются два фактора: природа организма (наиболее важный фактор) и свойства действующих условий [2, с. 118].

Таким образом, нами была принята исходная гипотеза о том, что типизации и классификации не оказывают влияния на биотехнические «зависимости мастерства жизни» закономерности. Поэтому вариация (множество уклонений от корреляции по Дарвину) зависит от «человеческого фактора», т.е. от качества измерений свойств почвы [7] и растений [5].

Почва по В.В. Докучаеву [3] является живым организмом. Поэтому принцип коррелятивной вариации по Дарвину должен обеспечить высокую адекватность выявляемых закономерностей [7]. Аналогично априори будем считать эксперименты с незаменимыми аминокислотами [1] по измерению их концентрации в различных видах продуктов для человека и животных высоко коррелятивными.

Из концепции коррелятивной вариации Ч. Дарвина, которую не поняли математики и не развили биологи, четко следует, что в иных условиях места обитания могут оказаться сильнее другие сочетания значений факторов (Дарвин называет факторы наследственными уклонениями). Поэтому слабые факторные связи могут оказаться сильнее для иных сочетаний изучаемых объектов. В итоге появляется

математический инструмент [8, 12, 14, 15] (метод идентификации) для сравнения разных естественных и искусственных (технических) объектов [9].

Коэффициент коррелятивной вариации учитывается для множества факторов физического объекта исследования, то есть биологического, химического, технологического, социально-экономического и пр. Он равен отношению общей суммы коэффициентов корреляции к квадрату от количества факторов для полной табличной модели (или к произведению количества факторов X и Y).

Вид изучаемой системы не влияет на указанный критерий, а коррелятивная вариация полностью зависит от внутренних свойств изучаемой системы.

Коэффициент коррелятивной вариации K вычисляют по формуле

$$K = \sum \sum r / N^2 \text{ или} \\ K = \sum \sum r / (N_x \cdot N_y), \quad (1)$$

где K – коэффициент коррелятивной вариации множества факторов или параметров, характеризующих изучаемую систему,

$\sum \sum r$ – общая сумма коэффициентов корреляции по строкам и столбцам корреляционной матрицы отношений между факторами,

N – количество учитываемых факторов симметричной таблицы,

N_x, N_y – количество факторов по осям координат X и Y .

Функциональная связность является универсальным свойством материи. Например, внутренняя коррелятивная вариация наблюдается в результатах агрохимического анализа проб почвы [7], так как все агрохимические показатели измерены на одной и той же пробе.

Места взятия проб не влияют на внутреннюю связность биохимических и иных реакций, то есть на Земле наблюдаются одинаковые взаимодействия между химическими элементами и их соединениями. Такая общность называется экосистемной [4] или биосферной суперпозицией.

Наиболее сильная коррелятивная вариация более 0.999 наблюдается у множества генов [6, 9, 13]. Несколько меньше, но более 0.99, как будет показано в данной статье, такая вариация существует у группы незаменимых аминокислот.

3. Незаменимые аминокислоты

Это нужные для животных аминокислоты, которые не могут быть синтезированы в организме, в частности, человека. Поэтому их поступление с пищей необходимо (табл. 1).

Таблица 1

. Содержание незаменимых аминокислот в продуктах [1] (грамм на 100 грамм продукта)

№ п/п	Продукт	Лейцин	Изолейцин	Гистидин	Тирозин	Глицин	Лизин	Валин	Метионин	Фенилаланин
1	Молоко женское	0.108	0.062	0.028	0.060	0.042	0.082	0.072	0.022	0.056
2	Молоко коровье	0.278	0.182	0.081	0.119	0.030	0.218	0.189	0.068	0.136
3	Кефир	0.263	0.173	0.075	0.112	0.056	0.209	0.183	0.063	0.138
4	Творог	0.924	0.548	0.306	0.456	0.184	0.725	0.695	0.263	0.491
5	Яйцо куриное	1.130	0.830	0.294	0.515	0.370	0.883	0.895	0.378	0.732
6	Мясо говяжье	1.730	1.060	0.805	0.596	1.447	2.009	1.156	0.528	0.789
7	Мясо куриное	1.620	1.117	0.697	0.660	1.519	1.975	1.024	0.494	0.932
8	Печень говяжья	1.543	0.800	0.439	0.470	0.903	1.295	0.987	0.345	0.845
9	Греска	1.222	0.879	0.540	0.439	0.525	1.551	0.929	0.488	0.651
10	Крупа рисовая	1.008	0.369	0.135	0.176	0.630	0.142	0.425	0.223	0.313
11	Крупа манная	0.364	0.258	0.186	0.158	0.263	0.320	0.386	0.103	0.399
12	Крупа гречневая	0.702	0.301	0.203	0.160	0.796	0.431	0.343	0.183	0.395
13	Крупа овсяная	0.672	0.302	0.137	0.234	0.453	0.384	0.384	0.198	0.363
14	Крупа пшеничная	1.040	0.244	0.137	0.226	0.220	0.226	0.333	0.207	0.480
15	Крупа перловая	0.584	0.258	0.152	0.148	0.308	0.286	0.313	0.173	0.331
16	Горох	1.204	0.780	0.395	0.227	0.48	0.984	0.804	0.160	0.763
17	Мука пшеничная	0.567	0.290	0.096	0.149	0.149	0.120	0.387	0.108	0.322
18	Макарон. изделия	0.690	0.380	0.133	0.253	0.215	0.139	0.412	0.120	0.488
19	Хлеб ржаной	0.275	0.146	0.118	0.293	0.217	0.132	0.062	0.062	0.278
20	Хлеб пшеничный	0.550	0.250	0.106	0.162	0.264	0.103	0.286	0.088	0.330
21	Печенье	0.357	0.171	0.247	0.088	0.172	0.080	0.054	0.054	0.334
22	Грибы шиитаки	7.000	4.400	1.800	3.500	-	3.500	5.200	1.800	5.300

Мы включили в список продукт №22 «Грибы шиитаки».

4. Рейтинг влияющих и зависимых факторов

Для определения коэффициента коррелятивной вариации девяти аминокислот среди 22 видов продуктов необходимо провести факторный анализ [9].

Из-за отсутствия в одной клетке таблицы 1 в строке «Грибы шиитаки» измеренного значения содержания глицина вначале был проведен факторный анализ [9, с. 82-83, табл. 3.30] по девяти факторам и 21 продукту. Коэффициент коррелятивной вариации был равен 0.9985.

Все бинарные $9^2 - 9 = 72$ отношения характеризуются показательным законом

$$y = ax^b.$$

В таблице 2 приведена *корреляционная матрица* бинарных связей и рейтинг восьми факторов без учета глицина для 22 продуктов по данным таблицы 1.

Коэффициент коррелятивной вариации равен 0.9727, что значительно меньше 0.9985. В дальнейшем оказалось, что кроме показательного закона дополнительно учитывается биотехнический закон [5-9, 12-15] стрессового возбуждения аминокислот в зависимости друг от друга (табл. 3).

Таблица 2.

Корреляционная матрица факторного анализа без глицина и рейтинг факторов при идентификации показательным законом

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)								Сумма Σr	Место I_x
	лейцин	изолейцин	гистидин	тирозин	лизин	валин	метионин	фенилаланин		
Лейцин	1	0.9910	0.9550	0.9907	0.8927	0.9937	0.9842	0.9940	7.8013	4
Изолейцин	0.9896	1	0.9738	0.9918	0.9306	0.9972	0.9871	0.9909	7.8610	1
Гистидин	0.9603	0.9791	1	0.9725	0.9692	0.9716	0.9722	0.9630	7.7879	5
Тирозин	0.9838	0.9878	0.9484	1	0.8863	0.9889	0.9822	0.9910	7.7684	6
Лизин	0.9163	0.9518	0.9726	0.9575	1	0.9448	0.9449	0.9387	7.6266	8
Валин	0.9918	0.9969	0.9597	0.9922	0.9145	1	0.9860	0.9924	7.8335	2
Метионин	0.9840	0.9888	0.9668	0.9898	0.9298	0.9888	1	0.9797	7.8277	3
Фенилаланин	0.9910	0.9884	0.9446	0.9921	0.8664	0.9907	0.9708	1	7.7440	7
Сумма Σr	7.8168	7.8838	7.7209	7.8866	7.3895	7.8757	7.8274	7.8497	62.2504	-
Место I_y	6	2	7	1	8	3	5	4	-	0.9727

Таблица 3.

Корреляционная матрица факторного анализа без глицина и рейтинг факторов при идентификации показательным и биотехническим законом

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)								Сумма Σr	Место I_x
	лейцин	изолейцин	гистидин	тирозин	лизин	валин	метионин	фенилаланин		
Лейцин	1	0.9929	0.9757	0.9926	0.9549	0.9940	0.9857	0.9967	7.8925	6
Изолейцин	0.9936	1	0.9843	0.9946	0.9834	0.9986	0.9887	0.9972	7.9404	2
Гистидин	0.9869	0.9923	1	0.9918	0.9903	0.9903	0.9921	0.9960	7.9397	3
Тирозин	0.9844	0.9889	0.9665	1	0.9533	0.9889	0.9856	0.9938	7.8614	8
Лизин	0.9887	0.9947	0.9925	0.9935	1	0.9945	0.9873	0.9941	7.9453	1
Валин	0.9935	0.9981	0.9817	0.9947	0.9849	1	0.9885	0.9961	7.9375	4
Метионин	0.9922	0.9906	0.9797	0.9945	0.9710	0.9923	1	0.9929	7.9132	5
Фенилаланин	0.9920	0.9943	0.9672	0.9925	0.9548	0.9932	0.9750	1	7.8690	7
Сумма Σr	7.9313	7.9518	7.8476	7.9542	7.7926	7.9519	7.9029	7.9668	63.2991	-
Место I_y	5	4	7	2	8	3	6	1	-	0.9890

При коэффициенте коррелятивной вариации 0.9890 на первом месте среди влияющих переменных оказался лизин, а среди показателей – фенилаланин.

Таким образом, коррелятивная вариация очень чувствительна к составу аминокислот и продуктов, содержащих их. Этот факт в перспективе позволит выявить рациональные составы, структуры и функции аминокислот в разных изучаемых системах.

5. Закон связи между аминокислотами

Он выражается уравнением вида

$$y = a_1 x^{a_2} \pm a_3 x^{a_4} \exp(-a_5 x^{a_6}), \quad (2)$$

где y – содержание аминокислоты в продукте как показатель (г на 100 г продукта), x – содержание аминокислоты в продукте как влияющая переменная (г на 100 г продукта), $a_1 \dots a_6$ – параметры модели (2), принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации в программной среде CurveExpert-1.40 (URL: <http://www.curveexpert.net/>).

Формула (2) показывает три типа стрессового возбуждения аминокислот при влиянии друг от друга: позитивный, нейтральный и негативный.

Нейтральный тип появляется только без грибов шиитаки, то есть при изменении содержания аминокислот от 0 до 2 (максимум 2.009 для мяса говяжьего).

№ п/п	Продукт	Лейцин	Изолейцин	Гистидин	Тирозин	Глицин	Лизин	Валин	Метионин	Фенилаланин
6	Мясо говяжье	1.730	1.060	0.805	0.596	1.447	2.009	1.156	0.528	0.789
7	Мясо куриное	1.620	1.117	0.697	0.660	1.519	1.975	1.024	0.494	0.932

Максимумы концентрации девяти аминокислот без грибов шиитаки находятся в двух продуктов – мясе говяжьим и мясе курином. В интервале содержания аминокислот от 2 до 7 в таблице 1 отсутствуют виды продуктов (кроме грибов). Поэтому нужно дополнить список и таблицы 1 новыми продуктами.

В интервале концентрации от 0 до 7 появляются два вида поведения:

– **позитивное поведение**, при положительном знаке перед второй составляющей формулы (2), когда с увеличением содержания влияющей аминокислоты содержание зависимой аминокислоты

нарастает по биотехническому закону стрессового возбуждения;

– **негативное поведение**, при отрицательном знаке, когда содержание зависимой аминокислоты тормозится от действия влияющей аминокислоты.

Эти два типа дают оптимумы взаимодействия незаменимых аминокислот.

6. Корреляционная матрица

Из таблицы 2 выберем бинарные отношения с коэффициентом корреляции не меньше 0.99 (табл. 4).

Таблица 4.

Корреляционная матрица сверхсильных бинарных связей показательным законом при уровне адекватности $r \geq 0,99$

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)				
	лейцин	изолейцин	тирозин	валин	фенилаланин
Лейцин		0.9910	0.9907	0.9937	0.9940
Изолейцин			0.9918	0.9972	0.9909
Тирозин					0.9910
Валин	0.9918	0.9969	0.9922		0.9924
Фенилаланин	0.9910		0.9921	0.9907	

Нейтральный тип поведения аминокислот получает всего 15 бинарных связей на уровне сверхсильной адекватности (или $100 \times 15 / 72 = 20.83\%$).

Аналогично поступим и с данными таблицы 3 (табл. 5).

В таблице 5 значительно повысилось количество сверхсильных связей, их стало 33 или 45.83%. Матрица осталась полной – по восемь строк и столбцов.

Таблица 5.

Корреляционная матрица сверхсильных бинарных связей показательным и биотехническим законом при уровне корреляции $r \geq 0,99$

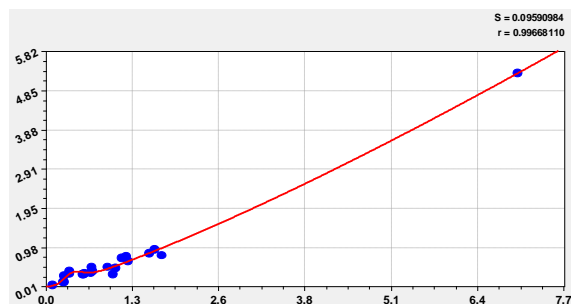
Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)							
	лейцин	изолейцин	гистидин	тирозин	лизин	валин	метионин	фенилаланин
Лейцин		0.9929		0.9926		0.9940		0.9967
Изолейцин	0.9936			0.9946		0.9986		0.9972
Гистидин		0.9923		0.9918	0.9903	0.9903	0.9921	0.9960
Тирозин								0.9938
Лизин		0.9947	0.9925	0.9935		0.9945		0.9941
Валин	0.9935	0.9981		0.9947				0.9961
Метионин	0.9922	0.9906		0.9945		0.9923		0.9929
Фенилаланин	0.9920	0.9943		0.9925		0.9932		

Однако поведение биологических объектов характеризуется, дополнительно к тренду (2) колебательной адаптацией [6, 7, 13, 15]. Чтобы идентифицировать вейвлет-сигналы от поведения аминокислот при взаимном влиянии, необходимо значительно расширить таблицу 1 также заменимыми аминокислотами.

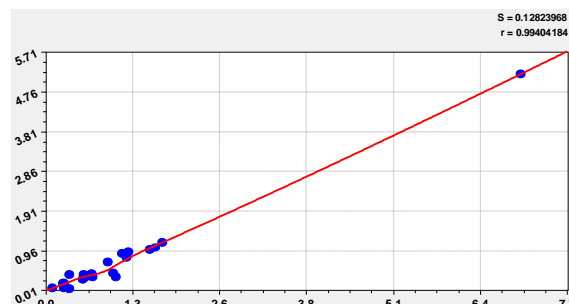
Особенно нужно обратить внимание на виды продуктов, дающих концентрацию от 2 до 7.

7. Графики бинарных связей

Влияние каждой незаменимой аминокислоты на концентрацию других аминокислот показано четырьмя графиками, которые на рисунках расставлены по убыванию коэффициента корреляции. Из 72 графиков в статье показано всего 32 графика (рис. 1-8). Они дают наглядное представление о вариациях формулы (2). При этом вторая составляющая общей модели (2) показывает разный **уровень приспособляемости** (позитивный или негативный) зависимой от влияющей аминокислоты по коэффициенту приспособляемости.



1) влияние на фенилаланин 0.9967



2) влияние на изменение валина 0.9940

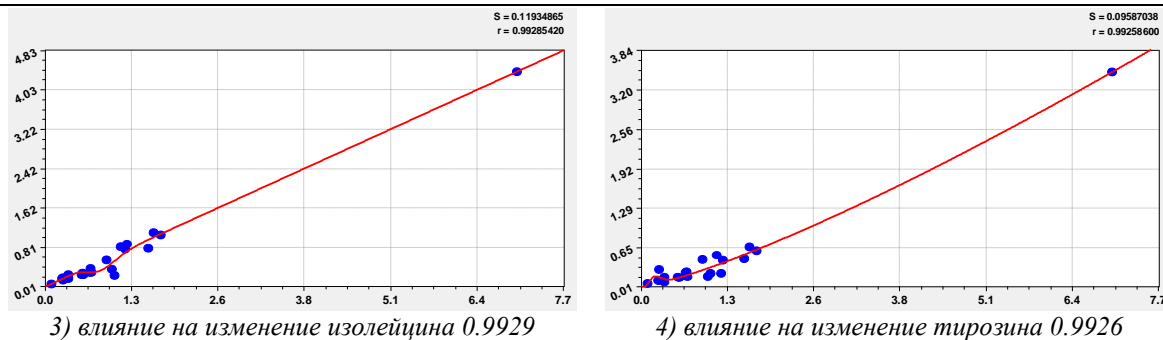


Рисунок 1. Графики влияния лейцина на другие незаменимые аминокислоты (в правом верхнем углу: S - дисперсия; r - коэффициент корреляции)

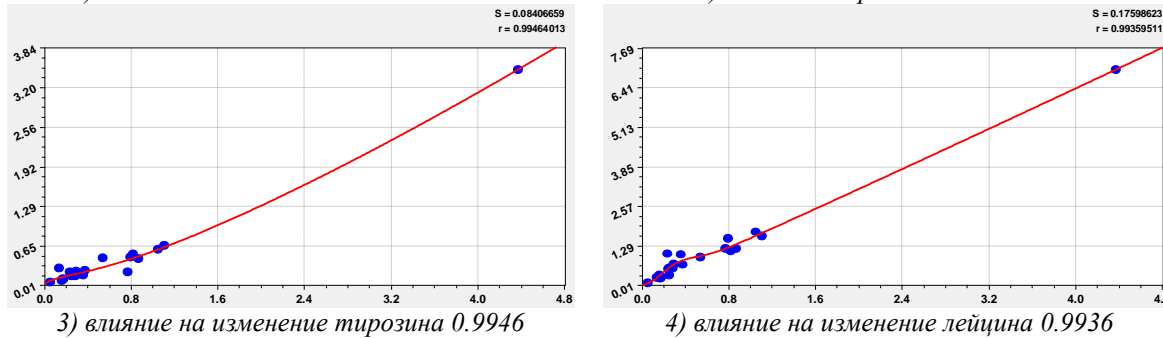
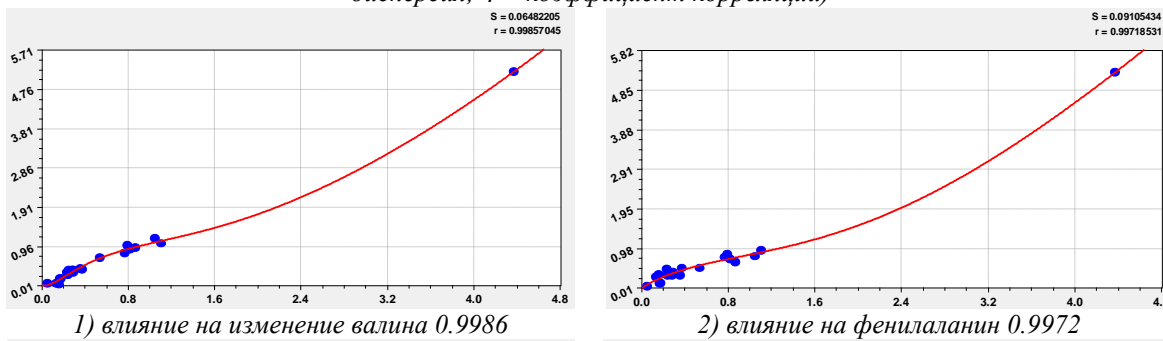


Рисунок 2. Графики влияния изолейцина на другие незаменимые аминокислоты

На графиках позитивный тип поведения незаменимых аминокислот показывается как выпуклая кривая, а негативный тип поведения – как вогнутая кривая. По влиянию гистидина и метионина можно

оценить минимальный интервал концентрации незаменимой аминокислоты при нейтральном типе. Как видно из графиков на рисунке 3, нейтральный тип поведения характерен от 0 до 0.5.

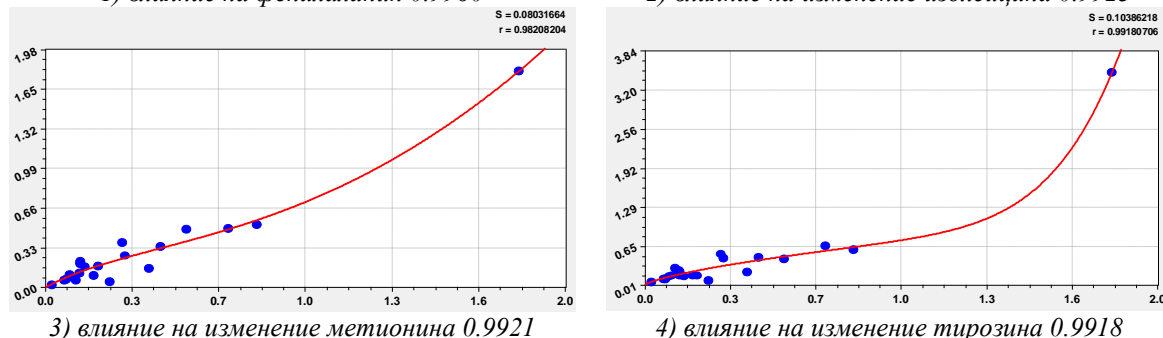
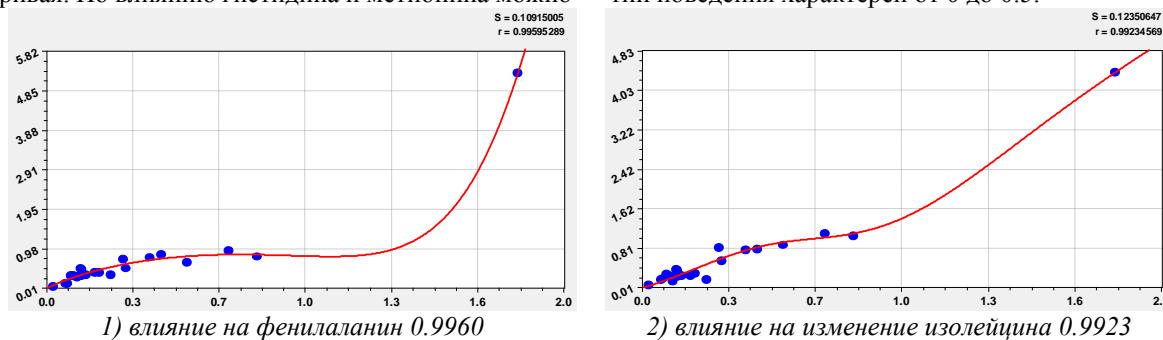
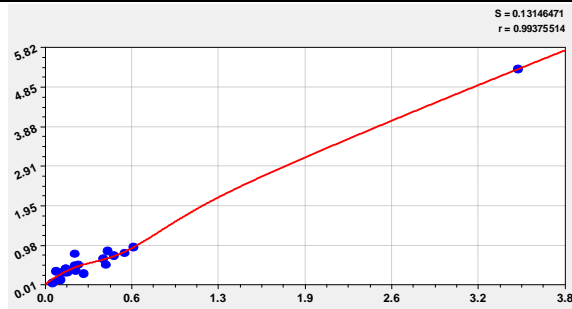
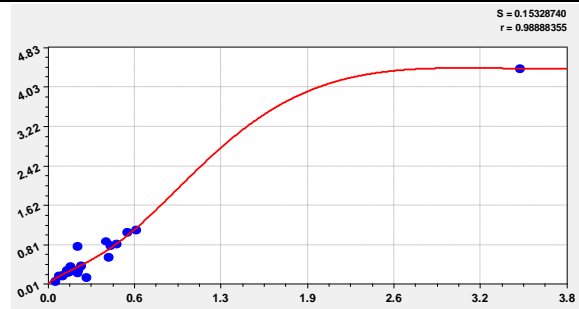


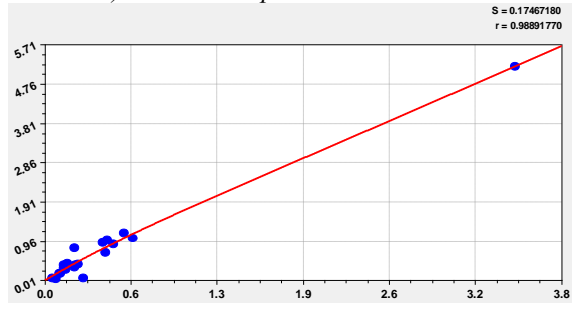
Рисунок 3. Графики влияния гистидина на другие незаменимые аминокислоты



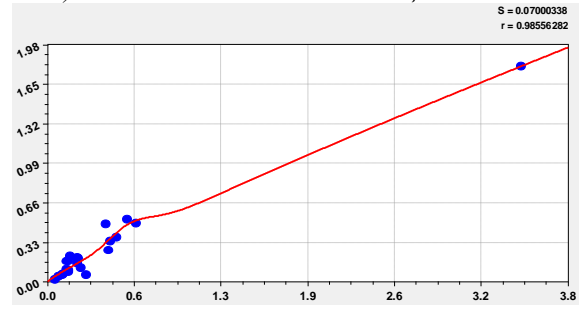
1) влияние на фенилаланин 0.9938



2) влияние на изменение изолейцина 0.9889



3) влияние на изменение валина 0.9889



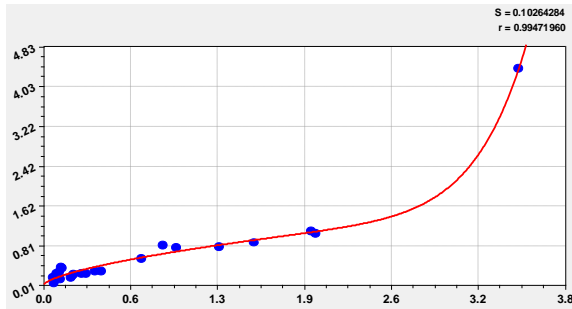
4) влияние на изменение метионина 0.9856

Рисунок 4. Графики влияния тирозина на другие незаменимые аминокислоты

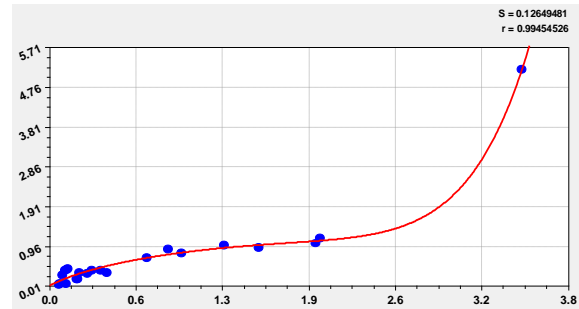
Выпуклость или вогнутость графика имеет разную длину по оси абсцисс. Очевидно, что дополнение списка из таблицы 1 дополнительными продуктами, имеющими концентрацию аминокислоты

в пределах от 2 до 7, позволит уточнить параметры модели (2) и дополнить волновой функцией.

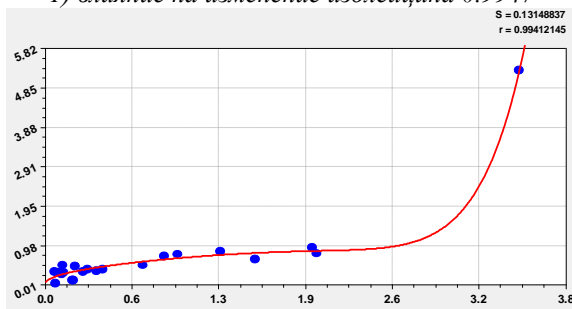
Однако, по нашему мнению, характер (конструкция) (2) от расширения списка продуктов не изменится.



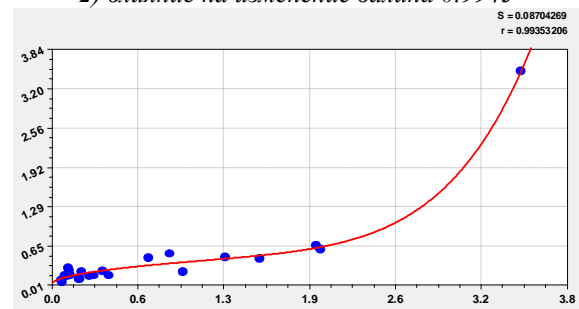
1) влияние на изменение изолейцина 0.9947



2) влияние на изменение валина 0.9945



3) влияние на фенилаланин 0.9941

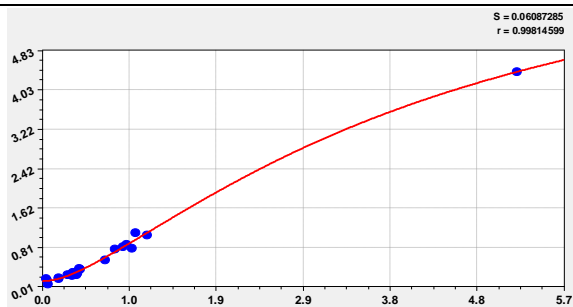


4) влияние на изменение тирозина 0.9935

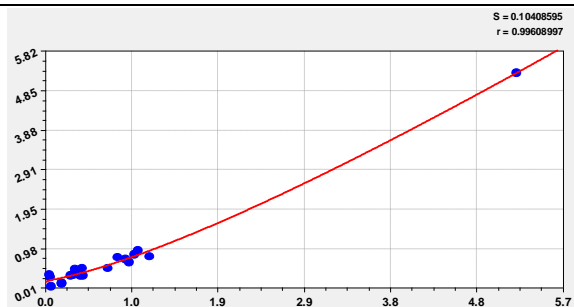
Рисунок 5. Графики влияния лизина на другие незаменимые аминокислоты

Графики влияния лизина на другие аминокислоты имеют вогнутый вид, что относит их к негативному влиянию. При этом наблюдается крутой

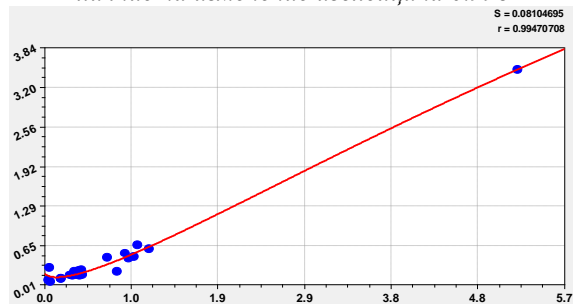
характер подъема кривых, причем более пяти раз после концентрации лизина 2.5-2.8.



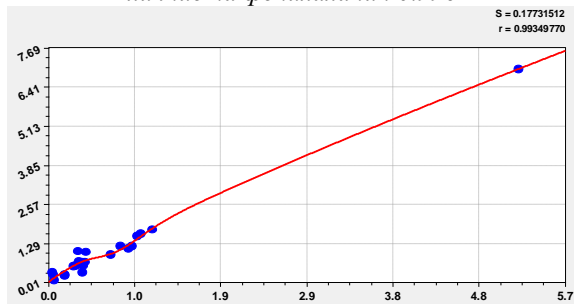
Влияние на изменение изолейцина 0.9981



Влияние на фенилаланин 0.9961

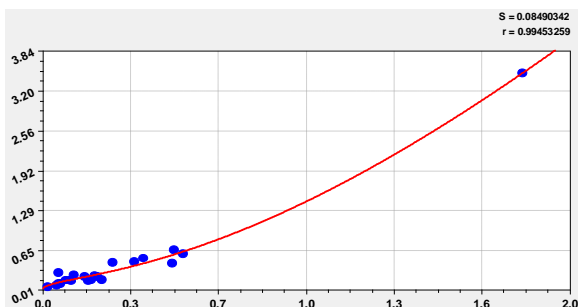


Влияние на изменение тирозина 0.9947

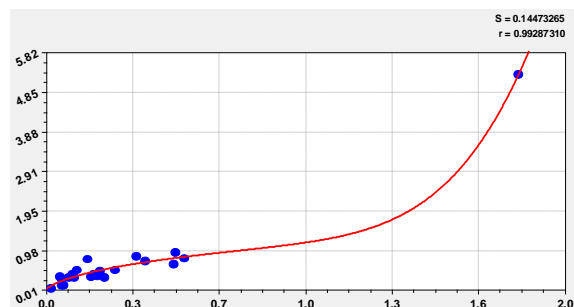


Влияние на изменение лейцина 0.9935

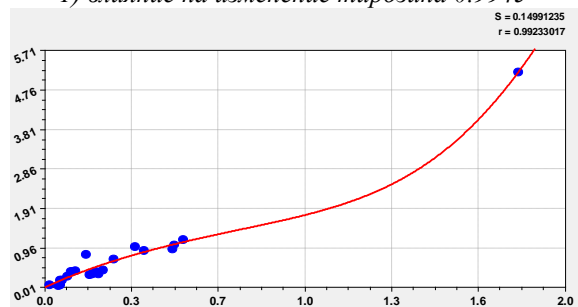
Рисунок 6. Графики влияния валина на другие незаменимые аминокислоты



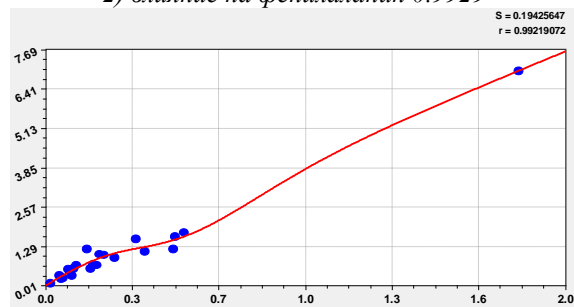
1) влияние на изменение тирозина 0.9945



2) влияние на фенилаланин 0.9929



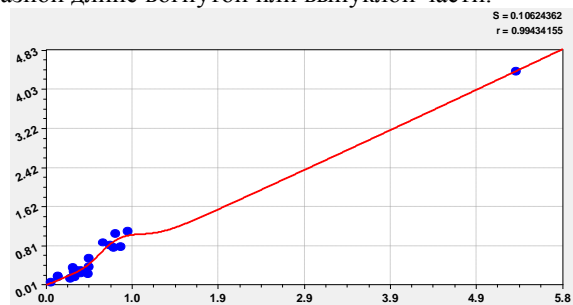
3) влияние на изменение валина 0.9923



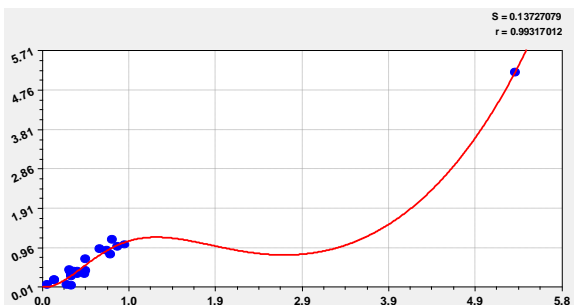
4) влияние на изменение лейцина 0.9922

Рисунок 7. Графики влияния метионина на другие незаменимые аминокислоты

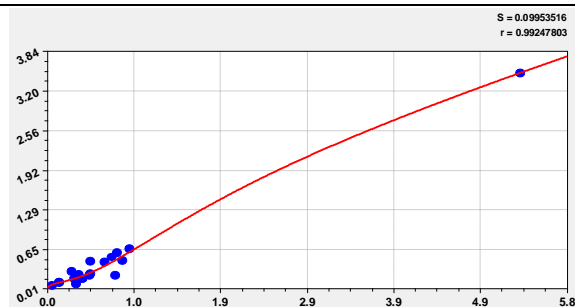
На рисунке 7 хорошо видно разнонаправленное влияние метионина на другие аминокислоты по разной длине вогнутой или выпуклой части.



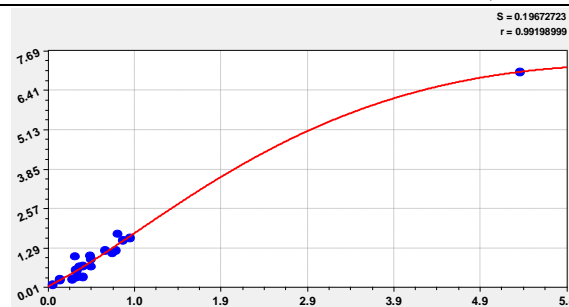
1) влияние на изменение изолейцина 0.9943



2) влияние на изменение валина 0.9932



3) влияние на изменение тирозина 0.9925



4) влияние на изменение лейцина 0.9920

Рисунок 8. Графики влияния фенилаланина на другие незаменимые аминокислоты

Например, положительное влияние фенилаланина на изменение изолейцина наблюдается на коротком отрезке абсцисс от 0.3 до 1.3. Но влияние фенилаланина на изменение лейцина наблюдается на всем протяжении оси абсцисс.

8. Параметры двухчленной модели

Параметры модели (2) даны в таблице 6. при записи используется позитивная форма уравнения (2). Тогда негативный тип легко определяется по отрицательному знаку перед параметром модели a_3 .

Таблица 6.

Параметры законов взаимного влияния незаменимых аминокислот

Влияющая переменная	Зависимый показатель	Закономерность $y = a_1x^{a_2} + a_3x^{a_4} \exp(-a_5x^{a_6})$					
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
ЛЕЙЦИН	ИЗОЛЕЙЦИН	0.62905	0.99985	-6.22460e8	18.71644	22.22097	1
	ГИСТИДИН	0.46897	0.69905	-203.9818	5.54825	6.84333	1
	ТИРОЗИН	0.31097	1.24392	1581527.7	6.39206	30.05027	1
	ЛИЗИН	1.76396	0.36696	-10.59470	1.39906	2.30544	1
	ВАЛИН	0.64740	1.07056	-2.25214e9	20.99985	24.13061	1
	МЕТИОНИН	0.48396	0.67505	-0.29303	0.55052	0.23317	1.99910
	ФЕНИЛАЛАНИН	0.49792	1.21483	9595683.7	9.34738	22.79351	1
ИЗОЛЕЙЦИН	ЛЕЙЦИН	1.52478	1.02860	9999.058	5.12916	14.70289	1
	ГИСТИДИН	0.72596	0.61893	-14.41016	2.32975	4.77636	1
	ТИРОЗИН	0.53135	1.27240	0.28389	0.53468	2.90970	0.96123
	ЛИЗИН	0.38710	0.49498	1180.425	5.57652	6.79209	0.50461
	ВАЛИН	0.45360	1.64113	110.61568	2.64866	5.26502	0.54772
	МЕТИОНИН	0.47411	0.90274	-5.01711e9	17.79059	26.41250	1
	ФЕНИЛАЛАНИН	1.82668	1.01048	-1.62256	1.77226	0.47849	0.98417
ГИСТИДИН	ЛЕЙЦИН	27.41879	0.87946	-25.49275	0.90894	0.0024500	6.46573
	ИЗОЛЕЙЦИН	2.37692	1.13214	-1461.648	7.62827	7.35461	1
	ТИРОЗИН	13.24185	0.71994	-12.51376	0.72283	0.0021289	7.06274
	ЛИЗИН	1.84717	1.08523	18030.334	6.91718	11.01985	1
	ВАЛИН	2.68511	1.12890	-196399.8	10.54932	12.37680	1
	МЕТИОНИН	3.80692	1.14221	-3.87156	1.34613	0.22711	1.01776
	ФЕНИЛАЛАНИН	9.10329	1.11668	-8.35584	1.28670	0.0058888	7.06020
ТИРОЗИН	ЛЕЙЦИН	2.59556	0.79268	-3.75738	2.23306	2.86196	1
	ИЗОЛЕЙЦИН	1.12082	0.78105	501.15485	5.56113	6.29215	0.56901
	ГИСТИДИН	0.27432	0.36988	10.20796	3.95035	1.99234	0.99868
	ЛИЗИН	1.19035	0.86085	33729.083	8.35215	0.24870	1
	ВАЛИН	1.51279	0.98152	0.43938	1.04759	1.13609	1
	МЕТИОНИН	0.59313	0.88555	6.42624e8	15.23516	24.55075	1
	ФЕНИЛАЛАНИН	1.76155	0.87936	-954.86339	5.43980	8.87500	1
ЛИЗИН	ЛЕЙЦИН	0.00075787	7.01566	1.14549	0.45402	0	0
	ИЗОЛЕЙЦИН	1.36349e-5	9.78172	-0.70109	0.62975	0.00085077	1
	ГИСТИДИН	10.01954	0.35029	-9.79594	0.35070	0.012317	1.67629
	ТИРОЗИН	0.0015120	6.01054	0.38061	0.46654	0	0
	ВАЛИН	43.74284	1.05348	-42.92471	1.06386	2.82820e-6	7.29991
	МЕТИОНИН	0.0023803	4.95210	0.30405	0.56965	0	0

Влияющая переменная	Зависимый показатель	Закономерность $y = a_1x^{a_2} + a_3x^{a_4} \exp(-a_5x^{a_6})$					
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
ВАЛИН	ФЕНИЛАЛАНИН	6.48222e-6	10.79484	0.67506	0.45753	0.0070620	3.91832
	ЛЕЙЦИН	1.68957	0.86202	-117442.4	10.37155	13.19709	1
	ИЗОЛЕЙЦИН	8.89512	0.31783	-3.15020	0.37852	0.47580	1
	ГИСТИДИН	0.39220	0.92312	1.52857e9	30.20624	22.94088	1
	ТИРОЗИН	5.55544	0.19325	-5.74250	0.21851	0.13204	1
	ЛИЗИН	0.25082	0.32497	2549189.8	8.13192	14.52145	0.37751
	МЕТИОНИН	0.28301	0.65777	0.80760	5.65024	1.75757	1
МЕТИОНИН	ФЕНИЛАЛАНИН	24.03443	0.29124	-23.90412	0.29549	0.028464	1
	ЛЕЙЦИН	4.09975	0.91089	-10326.19	6.26159	10.67398	1
	ИЗОЛЕЙЦИН	2.73865	0.86374	-11.08877	1.73777	3.36038	0.78234
	ГИСТИДИН	0.50538	0.54222	40603.795	10.31218	9.20729	1
	ТИРОЗИН	8.66195	0.51160	-8.30592	0.51879	0.14181	1.36907
	ЛИЗИН	1.28140	0.76009	32657.836	6.21189	9.37323	0.63848
	ВАЛИН	6.11986	1.09075	-4.51311	1.31031	0.036284	4.15755
ФЕНИЛАЛАНИН	ФЕНИЛАЛАНИН	11.68668	0.79065	-10.57130	0.82831	0.0067570	6.19146
	ЛЕЙЦИН	0.49906	0.54080	1.69424	1.51814	0.24648	1
	ИЗОЛЕЙЦИН	0.78238	1.03541	1492111.7	13.06361	15.57889	1
	ГИСТИДИН	0.15533	0.44260	3.56380	3.23930	1.77093	0.75946
	ТИРОЗИН	0.97692	0.76653	-4.16141	1.55679	2.59353	0.73740
	ЛИЗИН	0.56678	1.09143	630.15239	6.90628	6.09093	1
	ВАЛИН	0.0046610	4.20571	7.63182	2.40205	1.91020	1
	МЕТИОНИН	0.35060	0.98095	1886.0969	8.08271	9.83812	1

Тогда можно классифицировать (табл. 7) три типа поведения незаменимых аминокислот (код: 1 – позитивный; 0 – нейтральный; -1 – негативный).

Таблица 7.

Характер поведения незаменимых аминокислот

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)								Сумма кодов	Место
	лейцин	изолейцин	гистидин	тирозин	лизин	валин	метионин	фенилаланин		
Лейцин	0	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-3	5
Изолейцин	1	0	-1	1	1	1	-1	-1	1	3
Гистидин	-1	-1	0	-1	1	-1	-1	-1	-5	6
Тирозин	-1	1	1	0	1	1	1	-1	3	2
Лизин	1	-1	-1	1	0	-1	1	1	1	3
Валин	-1	-1	1	-1	1	0	1	-1	-1	4
Метионин	-1	-1	1	-1	1	-1	0	-1	-3	5
Фенилаланин	1	1	1	-1	1	1	1	0	5	1
Сумма кодов	-1	-3	1	-1	5	-1	1	-3	-2	-
Место	3	4	2	3	1	3	2	4	-	-

По-видимому, для наиболее полной системы аминокислот общая сумма кодов будет приближаться к нулю. Как переменная по позитивному влиянию на первом месте – фенилаланин, а среди зависимых показателей – лизин.

9. Добротность исходных данных и рейтинг продуктов

Табличная модель – это добротная и относительно полная таблица исходных данных для статисти-

ческого моделирования идентификацией устойчивых законов и закономерностей. Добротность понимается как достоверность чисел, первичность показателей (в факторном анализе вначале не допускаются вторичные, полученные расчетами, параметры), системность описания объекта исследования по учитываемому множеству параметров.

Проверим исходные данные таблицы 1 на добротность.

У любых факторов есть векторная ориентация и возможны два поведения:

а) лучше больше по вектору «лучше → хуже», ранг $R = 0$ дается максимуму, и ранжирование выполняется по убыванию значений фактора;

б) лучше меньше, поэтому ранг $R = 0$ дается минимуму, и ранжирование выполняется по возрастанию значений фактора.

Из гипотезы – чем больше содержание любой незаменимой аминокислоты в любом продукте, тем

лучше – принимается первый вариант вектора поведения.

Ранжируем каждую аминокислоту из таблицы 1 в Excel в программе РАНГ. В функции =РАНГ(Е3;Е\$3:Е\$24;0) приняты обозначения: Е – идентификатор столбца; Е3, Е\$3 – первая строка; Е\$24 – последняя строка таблицы 1; $0 \vee 1$ – ранжирование по убыванию (0) или возрастанию (1).

В итоге получаем распределение мест I по убыванию показателя (табл. 8).

Таблица 8.

Рейтинг продуктов по содержанию незаменимых аминокислот

№ п/п	Продукт	Лейцин	Изолейцин	Гистидин	Тирозин	Лизин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Сумма рангов $\sum R$	Место продукта I
1	Молоко женское	21	21	21	21	20	19	21	21	165	21
2	Молоко коровье	18	17	19	18	13	17	17	20	139	19
3	Кефир	20	18	20	19	14	18	18	19	146	20
4	Творог	9	7	6	5	7	7	6	7	54	8
5	Яйцо куриное	6	4	7	3	6	5	4	5	40	6
6	Мясо говяжье	1	2	1	2	1	1	1	3	12	2
7	Мясо куриное	2	1	2	1	2	2	2	1	13	3
8	Печень говяжья	3	5	4	4	4	3	5	2	30	4
9	Треска	4	3	3	6	3	4	3	6	32	5
10	Крупа рисовая	8	9	14	12	15	8	7	17	90	13
11	Крупа манная	16	13	10	15	10	11	15	10	100	14
12	Крупа гречневая	10	11	9	14	8	13	10	11	86	10
13	Крупа овсяная	12	10	12	9	9	12	9	12	85	9
14	Крупа пшеничная	7	16	12	11	12	14	8	9	89	12
15	Крупа перловая	13	13	11	17	11	15	11	14	105	15
16	Горох	5	6	5	10	5	6	12	4	53	7
17	Мука пшеничная	14	12	18	16	18	10	14	16	118	16
18	Макарон. изделия	11	8	15	8	16	9	13	8	88	11
19	Хлеб ржаной	19	20	16	7	17	20	19	18	136	18
20	Хлеб пшеничный	15	15	17	13	19	16	16	15	126	17
21	Печенье	17	19	8	20	21	21	20	13	139	19
22	Грибы шиитаки	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Три места в рейтинге заняли продукты: грибы, мясо говяжье и куриное.

Рейтинг в таблице 8 определяется местами I . Самое лучшее теоретическое первое место получится, если $\sum R = 0$. Тогда получается, что грибы

шиитаки во множестве продуктов по данным таблицы 1 получают теоретически возможное первое место. Для второго места сумма рангов равна 12. Далее можем места I брать за объясняющую переменную, а сумму рангов $\sum R$ из таблицы 8 за показатель.

После идентификации общей формулы тренда [9] получена (рис. 9) формула

$$\sum R = 10.25609(I - 1)^{0.90719} \quad (3)$$

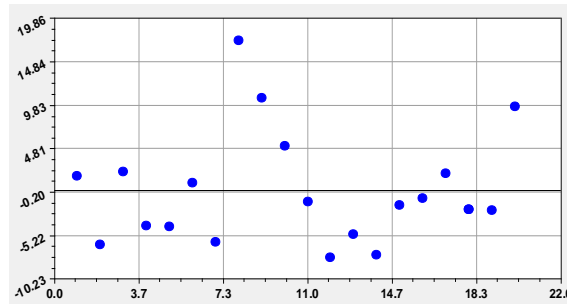
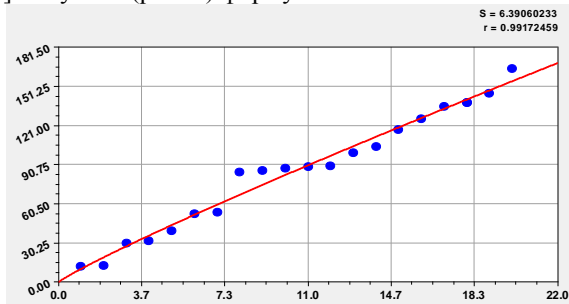


График по модели (3)

Остатки после модели (3)

Рисунок 9. Графики рейтинга продуктов из данных таблицы 1

Остатки после (3) показывают, что дополнительно к тренду возможна волновая функция. Половина амплитуды достигает доли $100 \times 17.3524 / 85 = 20.41\%$. В статье колебательную адаптацию не рассматриваем, так как нужна таблица для всех 20 аминокислот. Каждую аминокислоту из восьми рассмотрим отдельно.

10. Ранговые распределения аминокислот

Для статистического моделирования ранги R должны начинаться с нуля, причем ранговые распределения подчиняются экспоненциальному закону (роста или гибели).

После идентификации обобщенного тренда [9] получены (рис. 10) формулы:

- ранговое распределение лейцина

$$L = 6.99985 \exp(-0.0069383R_L) - 5.16790R_L^{0.044232}; \quad (4)$$

- ранговое распределение изолейцина

$$I = 4.39916 \exp(-0.00062254R_I) - 3.16653R_I^{0.097771} \quad (5)$$

- ранговое распределение гистидина

$$H = 1.79477 \exp(-0.72614R_H^{0.48719}) \quad (6)$$

- ранговое распределение тирозина

$$Y = 3.49967 - 2.78248R_Y^{0.068084} \quad (7)$$

- ранговое распределение лизина

$$K = 3.47649 \exp(0.021832R_K) - 1.31631R_K^{0.50137} \exp(-0.0056940R_K) \quad (8)$$

- ранговое распределение валина

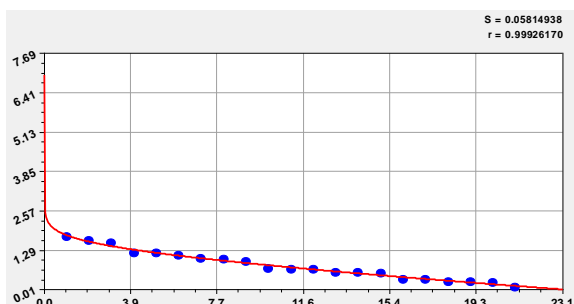
$$V = 5.20003 \exp(-2.89763R_V) + 2.56943R_V^{0.99053} \exp(-1.08777R_V^{0.56874}); \quad (9)$$

- ранговое распределение метионина

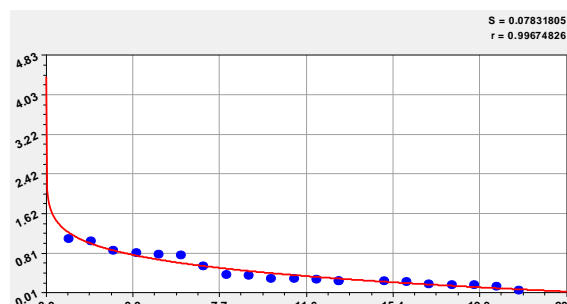
$$M = 1.79957 \exp(-0.00098714R_M) - 1.21781R_M^{0.11680}; \quad (10)$$

- ранговое распределение фенилаланина

$$F = 5.29876 - 4.23519R_F^{0.061528} \quad (11)$$



лейцина



изолейцина

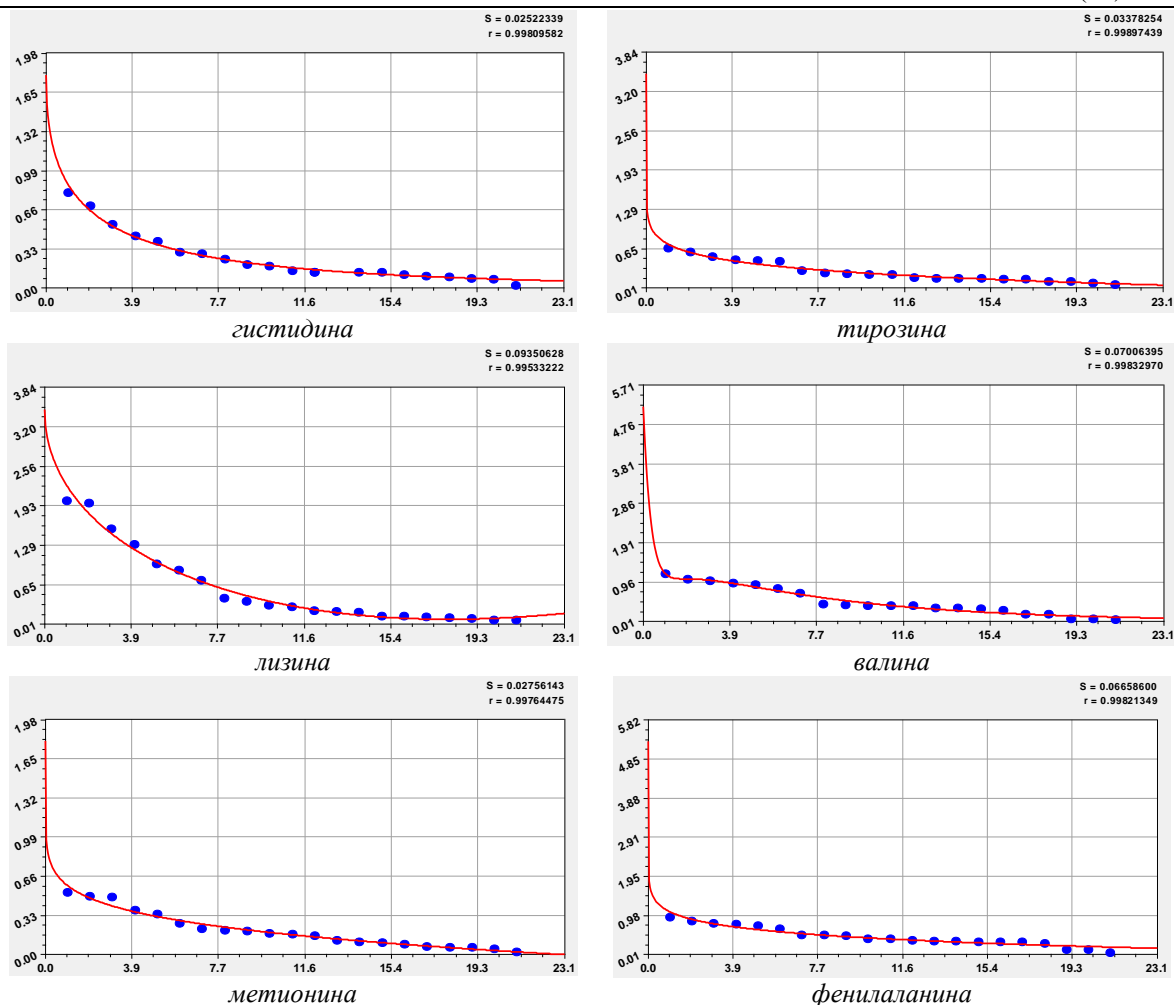


Рисунок 10. Графики ранговых распределений незаменимых аминокислот

Сумму квадратов отклонений от уравнений бинарных и монарных (по рангам) отношений между восемью незаменимыми аминокислотами запишем в матрицу дисперсий (табл. 9).

Как влияющая переменная на первом месте по минимуму суммы дисперсий оказался изолейцин, а среди зависимых показателей – метионин.

Таблица 9.

Матрица дисперсий остатков после полного факторного анализа и рейтинг факторов при идентификации показательным и биотехническим законом

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)								Сумма ΣS	Место I_x^S
	лей-цин	изо-лей-цин	гисти-дин	тиро-зин	лизин	валин	мети-онин	фе-нил-ала-нин		
Лейцин	0,0581	0,1193	0,0947	0,0959	0,2976	0,1282	0,0718	0,0959	0,9615	4
Изолейцин	0,1760	0,0783	0,0764	0,0841	0,1583	0,0648	0,0621	0,0911	0,7911	1
Гистидин	0,2593	0,1325	0,0252	0,1039	0,1344	0,1631	0,0803	0,1092	1,0079	5
Тирозин	0,2666	0,1533	0,1144	0,0338	0,2926	0,1747	0,0700	0,1315	1,2369	8
Лизин	0,2463	0,1026	0,0545	0,0870	0,0935	0,1265	0,0639	0,1315	0,9058	3
Валин	0,1773	0,0609	0,0823	0,0810	0,1728	0,0701	0,0624	0,1041	0,8109	2
Метионин	0,1943	0,1407	0,0867	0,0849	0,2389	0,1499	0,0276	0,1447	1,0677	6
Фенилаланин	0,1967	0,1062	0,1132	0,0995	0,2879	0,1373	0,0919	0,0666	1,0993	7
Сумма ΣS	1,5746	0,8938	0,6474	0,6701	1,6760	1,0146	0,5300	0,8746	7,8811	-
Место I_y^S	7	5	2	3	8	6	1	4	-	0.1231

Средняя дисперсия для всех $8^2 = 64$ клеток матрицы равна $\bar{D} = 0.1231$.

11. Заключение

Мы распространили принцип коррелятивной вариации не только на организмы по Ч. Дарвину, но и на популяции (в статье популяция из восьми аминокислот) и даже на любые биологические, биотехнические и технические системы [9]. Этот принцип позволяет сравнивать по функциональной связности разнородные системы по одному или некоторому множеству факторов.

Коэффициент коррелятивной вариации, как обобщенный критерий для сравнения разных множеств однородных биологических объектов, получает очень высокое значение. Например, для популяции генов [6, 13] был получен коэффициент коррелятивной вариации не менее 0.9999.

В примере данной статьи уровень адекватности для множества из восьми незаменимых аминокислот равен не меньше 0.99. Тем самым появляется возможность в будущем создания наиболее полной таблицы содержания и других показателей для системы из 20 аминокислот и сотен объектов, включая и продукты.

Функциональная связность между незаменимыми аминокислотами оказалась сверхсильной и она подчиняется простой формуле двухчленного тренда, содержащего показательный и биотехнический законы. Отсутствие второго члена определяет нейтральный тип поведения, а знаки при наличии второго члена характеризуют позитивный (+) или негативный (-) тип поведения аминокислот в изучаемой системе продуктов. Для выявления эффекта колебательной адаптации незаменимых аминокислот друг к другу в каких-то наборах продуктов нужны более точные (с погрешностью измерений, меньшей на порядок) данные.

Список литературы

1. Геном человека. URL: <http://buology.narod.ru/index/0-2> (Дата обращения 09.09.2017).
2. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. Л.: Наука, 1991. 539 с.
3. Докучаев В.В. Избранные сочинения. М.: Гос. изд. с.-х. лит., 1954. 680 с.
4. Лавренко Е.М. Основные закономерности растительных сообществ и пути их изучения // Полевая геоботаника. Том 1. М.-Л.: АН СССР, 1959. С. 7-263.

5. Мазуркин П.М. Геоэкология: Закономерности современного естествознания. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. 336 с.

6. Мазуркин П.М. Идентификация волнового поведения генов // Матер. научно-практ. конф. «Математическое моделирование в области клеточной биологии, биохимии и биофизики» 25-26 ноября 2014 г. Тольятти: ТГУ, 2014. С. 43-52. Doi 10.18411/d-2016-113.

7. Мазуркин П.М. Коррелятивная вариация. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. 56 с. Doi 10.18411/d-2016-095.

8. Мазуркин П.М. Решение 23-ой проблемы Гильберта Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики. Матер. 3-й научно-практ. интернет-конф. Ульяновск: SIMJET, 2014. С 269-277. Doi 10.18411/d-2016-119.

9. Мазуркин П.М. Экономико-статистическое моделирование: учеб. пос. с грифом УМО РАЕ. Йошкар-Ола: Поволжский ГТУ, 2016. 276 с.

10. Уемов А.И. Вещи, свойства и отношения. М.: АН СССР, 1963. 184 с.

11. Чижевский А.Л. Физические факторы исторического процесса. Калуга, 1924. 72 с.

12. Mazurkin, P.M. Method of identification. (2014). International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 1 (6), pp. 427-434. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946541076&partnerID=40&md5=72a3fccc31b20f2e63e4f23e9a8a40e3>

13. Mazurkin, P.M. Identification of the wave patterns of behavior. (2014). International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 1 (6), pp. 373-380.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946550468&partnerID=40&md5=0fd8f91ed5b1f0592fc587e5ffb14e51>

14. P.M. Mazurkin. Invariants of the Hilbert Transform for 23-Hilbert Problem, *Advances in Sciences and Humanities*. Vol. 1, No. 1, 2015, pp. 1-12. Doi 10.11648/j.ash.20150101.11.

15. P.M. Mazurkin. Wavelet Analysis Statistical Data. *Advances in Sciences and Humanities*. Vol. 1, No. 2, 2015, pp. 30-44. Doi 10.11648/j.ash.20150102.11.