БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ И
ЗЕМЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А. А. Карпиченко

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОГРАФИИ

ПРАКТИКУМ
Задания и методические указания
лабораторных работ

для студентов специальности
1-01 02 01 «География»

Минск, 2012

ТЕМА № 1

Статистическая обработка выборочных совокупностей и установление сходства или отличия между ними по критерию Стьюдента

Тему рассмотрим на примере двух выборок, в которых приведены площади фермерских хозяйств в Брестской и Гомельской областях. В MS Excel в ячейках A2–A3 набираем названия областей, в B2–G2 и B3–G3 – цифры площадей для каждой области (рис. 1). В индивидуальных заданиях для различных вариантов диапазон ячеек и сравниваемые выборки могут различаться.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Площадь фермерских хозяйств						
2	Брестская обл.	300	305	315	320	330	335
3	Гомельская обл.	180	175	190	185	187	197

Рис. 1. Исходные данные для расчетов

Основными статистические показатели, характеризующими данные выборки являются: *среднее* (*M*), *медиану* (Me), *наименьшее*, *наибольшее, коэффициент вариации* (*V*), *среднеквадратическое отклонение* (σ), *дисперсия* (σ^2). Среднее (*M*) находится следующим образом: устанавливаем курсор в ячейку, где будет приведено знание средней (к примеру, H2), выполняем команду *Функция* из меню *Вставка* (или нажимаем на иконку $\mathbf{f_x}$ на панели инструментов), далее в категориях *Статистические* выбираем функцию СРЗНАЧ (рис. 2), нажимаем *ОК*, сворачиваем появившееся окно нажатием на кнопку напротив поля **Число 1.** Выделяем ячейки со значениями площадей для первой области (B2:G2), разворачиваем окно, нажав на эту же кнопку и жмем *ОК*.

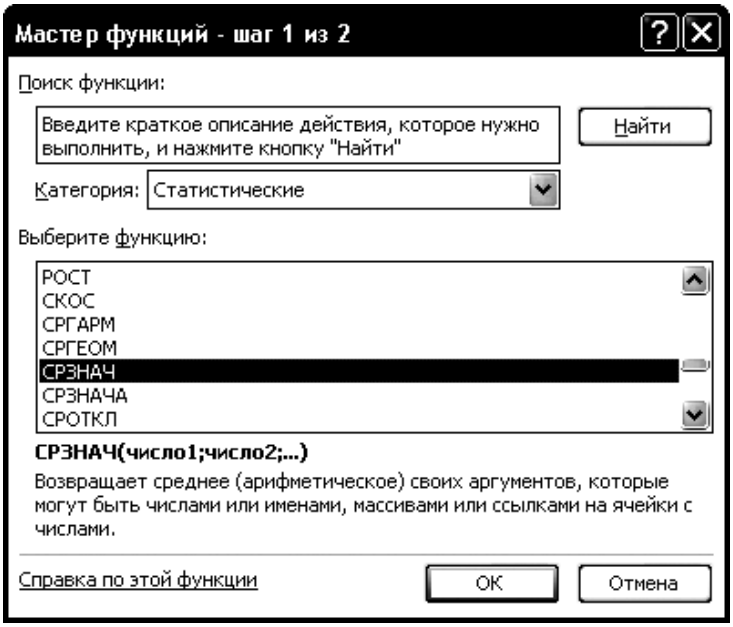
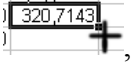


Рис. 2. Окно выбора функции

Для второй области можно не делать описанную выше процедуру, а воспользоваться функцией автозаполнения: выделяем ячейку с найденным средним значением для первой области (H2), и наведя курсор на правый край клетки H2 до превращения курсора в «крестик»: 

, удерживая левую кнопку мыши растягиваем выделение на нижележащую клетку (I3), в которой появится значение для второй области.

Аналогичным способом находим медиану (команда МЕДИАНА(B2:G2)), наименьшее =МИН(B2:G2) и наибольшее =МАКС(B2:G2) значения, коэффициент вариации

=СТАНДОТКЛОН(B2:G2)/СРЗНАЧ(B2:G2)*100, среднеквадратическое отклонение =СТАНДОТКЛОН(B2:G2) и дисперсию =ДИСП(B2:G2). При помощи автозаполнения производим расчет для второй области. MS Excel может производить вычисления при наборе функции вручную, при этом следует помнить, что команды набираются на русском языке, а буквенные обозначения ячеек – латинские.

Расчет базовых статистических показателей может производиться с использованием надстройки (опции) «Пакет анализа», которая позволяет оперативно получить значения показателей описательной статистики. По умолчанию эта опция не установлена, поэтому для ее активации необходимо с помощью команды *Надстройки* из меню *Сервис* открыть окно диалога «*Надстройки*» и в нем установить флажок для компоненты «*Пакет анализа*». После нажатия кнопки *ОК* меню *Сервис* будет дополнено командой *Анализ данных*.

Для расчета показателей выполняем последовательность команду *Анализ данных* из меню *Сервис* в диалоговом окне *Анализ данных* выбираем *Описательная статистика – ОК*, в поле «*Входной интервал*» указываем наш (клетки A2:H3), в поле «*группирование*» выбираем «*по строкам*», ставим галочку у «*Метки в первом столбце*» в «*Параметрах вывода*» выбираем «*Выходной интервал*» и указываем там ячейку B5 или другую свободную, отмечаем параметры «*Итоговая статистика*» и «*Уровень надежности*» (значение можно изменять, в нашем случае указываем 95%), нажимаем *ОК*. Выставление показателя метки помечает столбцы или строки, при этой первые значения в расчете не участвуют.

Нахождение сходства или отличия между двумя выборками проводим с помощью t-теста (критерия Стьюдента). **Выбор конкретной команды зависит от типа выборки** (независимая/сопряженная) и от величин дисперсий. Так, для **независимой** выборки с **различными дисперсиями** выполняются следующие действия: *Сервис – Анализ данных – Двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями – ОК*. Для **независимой** выборки с **одинаковыми дисперсиями** алгоритм следующий: *Сервис – Анализ данных – Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями – ОК*, для **сопряженной** выборки: *Сервис – Анализ данных – Парный двухвыборочный t-тест для средних – ОК*.

В поле «*интервал переменной* 1» указываем интервал значений для первой области (A2:G2), в поле «*интервал переменной* 2» – интервал значений для второй области (A3:G3), ставим галочку у окна *«Метки»* далее выбираем «*Выходной интервал*» и указываем там ячейку G5 (или другую свободную), нажимаем *ОК*.

В полученных данных *df* – число степеней свободы; *t-статистика* – критерий Стьюдента (фактический); *t критическое двухстороннее* – критерий Стьюдента (табличный). На основании соотношения *t-статистики* (берется по модулю) и *t критического двухстороннего* делается вывод о достоверности различия выборок.

Сделать выводы о сходстве или отличии выборок по критерию Стьюдента, а также оценить вариабельность (разброс) значений выборки по коэффициенту вариации, оформив работу в MS Word, в который копируются исходные данные и все полученные расчеты.

ТЕМА № 2

Однофакторный дисперсионный анализ

Оценим с помощью дисперсионного анализа влияние внесения удобрений на урожай сельскохозяйственных культур по различным вариантам опыта. В MS Excel набираем исходные данные из индивидуального задания по образцу, показанному на рис. 3:

	A	B	C	D	E
1	Влияние удобрений на урожай с/х культур			Повторности	
2	Варианты	I	II	III	IV
3	фон	30,9	28	30,1	28,4
4	фон+100	33,9	36,3	34,3	36
5	фон+200	44,6	44,3	45,6	46,6
6	фон+300	51,1	48,8	50,4	51,4

Рис. 3. Исходные данные

Для анализа используем надстройку «Пакет анализа». Для ее активации необходимо с помощью команды *Надстройки* из меню *Сервис* открыть окно диалога «*Надстройки*» и в нем установить флажок для компоненты «*Пакет анализа*». После нажатия кнопки *ОК* меню *Сервис* будет дополнено командой *Анализ данных* (если надстройка вызывалась ранее и не отключалась, то этот пункт можно пропустить).

Для расчета показателей выполнить последовательность команд *Сервис – Анализ данных – Однофакторный дисперсионный анализ – ОК,* в поле «*Входной интервал*» указываем наш интервал (A3:E6 для приведенного примера), ставим галочки напротив показателей *по строкам* и *метки в первом столбце*; в «*Параметрах вывода*» выбираем «*Выходной интервал*» и указываем там ячейку на этом же листе, значение *Альфа* указываем равным 0,05, нажимаем *ОК*.

Также следует выполнить дисперсионный анализ при значениях *Альфа* 0,01 и 0,001 (действия аналогичны предыдущим, меняется лишь выходной интервал и *Альфа*).

Результаты дисперсионного анализа будут состоять из двух таблиц. В первой таблице для каждого столбца исходной таблицы, в которых располагаются анализируемые группы, приведены числовые параметры: количество чисел (счет), суммы по строкам, средние дисперсии по строкам. Во второй части результатов *MS Excel* использует следующие обозначения: *SS* – сумма квадратов; *df* – степени свободы; *MS* – средний квадрат (дисперсия); *F* – F-статистика Фишера (фактическое значение); *P-значение* – значимость критерия Фишера (критерий является значимым, если величина данного параметра менее 0,05); *F критическое* – критическое (табличное) значение F-статистики при P=0,05. Путем сравнения *F* и *F критического* делаем вывод. Для данного примера эти значения будут соответственно 252,646 и 3,490, поэтому положительное влияние удобрений на урожайность доказано.

Сделать дисперсионный анализ для повторностей опыта (действия аналогичны первоначальным, только вместо показателя *по строкам* выставляется значение *по столбцам*, интервал меняется на B2:E6, показатель *Альфа* указываем равным 0,05). В данном случае при P=0,05 будет *F < F критического*, что и ожидалось, поскольку изменения фактора внутри повторности не происходило.

Оформить полученные данные в MS Word (в чистовом варианте должны быть представлены: исходное задание, данные дисперсионного анализа по вариантам опыта при разных значениях *Альфа*, данные анализа по повторностям опыта и выводы по ним).

ТЕМА № 3

Корреляционный и регрессионный анализ

Проверим зависимость между балом пашни (*x*) и урожайностью многолетних трав (*y*), для чего набираем в ячейках A2:K3 следующие данные:

x	43	42	38	36	33	45	40	45	36	32
y	33,2	18,6	28,4	26,5	30,9	31,8	32,4	30,6	26,8	24,4

Строим точечную диаграмму: выделяем набранную таблицу (ячейки A2–K3) и жмем на пиктограмму на панели инструментов или *Вставка – Диаграмма*, в закладке *Стандартные* выбираем *Точечная* и первый сверху из имеющихся примеров жмем *Далее*, в закладке *Диапазон данных* отмечаем *Ряды в строках – Далее.* В закладке *Заголовки* в окошке *Ось X (категорий)* набираем «Балл пашни» (может отличаться для различных индивидуальных заданий, в этом случае пишется название первого сравниваемого параметра), в окошке *Ось Y (значений)* «Урожайность многолетних трав», в закладке *Легенда* снимаем галочку с показателя «*Добавить легенду» – Далее – Поместить диаграмму на имеющемся листе – Готово*.

Добавляем линию тренда, для чего кликаем на маркере точки данных правой клавишей и выбираем пункт *Добавить линию тренда* (см. рис. 4).

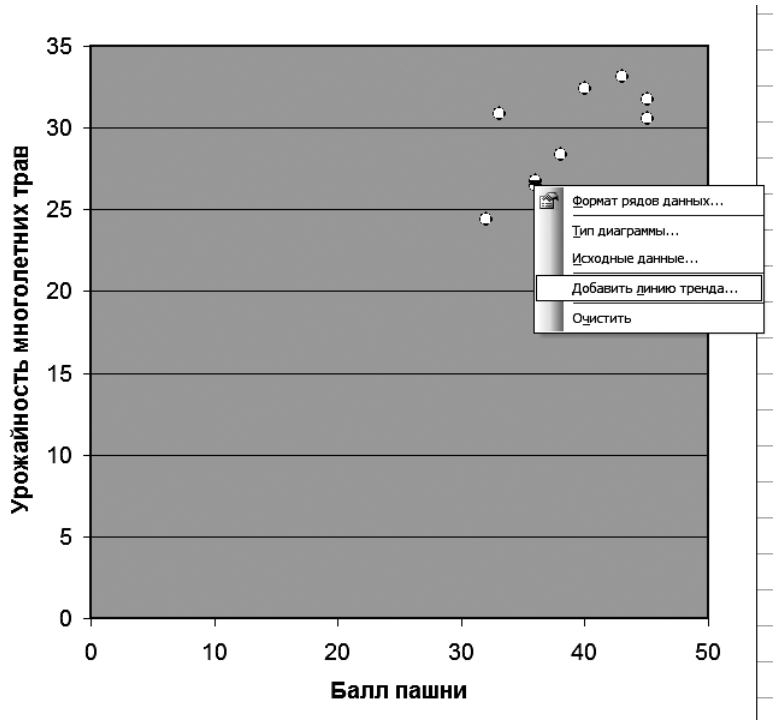


Рис. 4

В закладке *Тип* выбирается *Линейная,* в закладке *Параметры* отмечаются пункты *показывать уравнение на диаграмме* и *поместить на диаграмму величину достоверной аппроксимации – ОК*. В итоге будет построена линия тренда и составлено уравнение линейной регрессии. Находим артефакты – значения, которые сильно отдалены от линии тренда и не вписываются в общую картину (рис. 5). Удаляем эти ячейки из таблицы данных (в указанном примере случае удаляются ячейки C2:C3), MS Excel автоматически пересчитает уравнение регрессии.

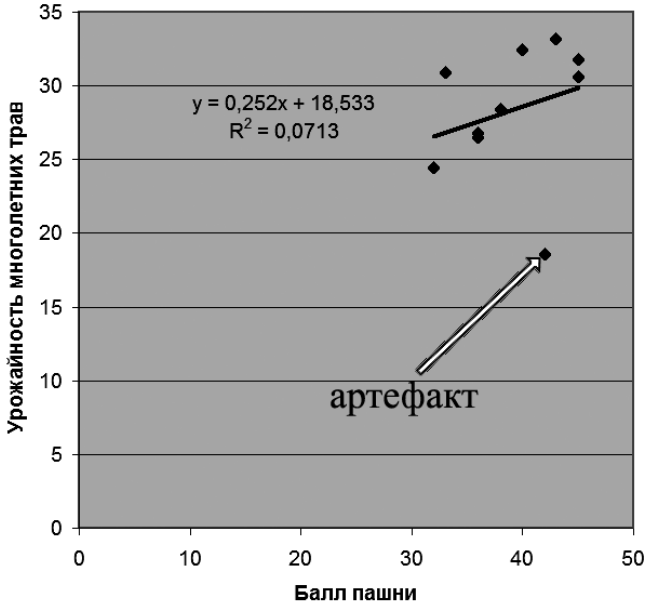


Рис. 5

Рассчитываем коэффициент корреляции установив курсор в клетку B5 используя команду КОРРЕЛ: *Вставка – Функция* (или иконка $\mathbf{f_x}$ на панели инструментов) – выбираем в категориях *Статистические* – функцию КОРРЕЛ – сворачиваем появившееся окно нажатием на кнопку напротив поля *Массив 1*. Выделяем ячейки со значениями ***x*** (B2:K2), далее в поле *Массив 2* выделяем ячейки со значениями ***y*** (B3:K3), разворачиваем окно, нажав на эту же кнопку и жмем *OK*.

Оцениваем значимость коэффициента корреляции (***r***) по критерию Стьюдента по формуле $t_r = r\sqrt{N-2}/\sqrt{1-r^2}$ и сравниваем с табличным (критическим) значением, если фактическое значение больше критического, то корреляционная связь существенна, если меньше – недостоверна (вид формул на рис. 6).

	A	B
1	Между балом пашни и урожайностью	многолетних трав
2	x	43
3	y	33,2
4		
5	Коэф. корреляции	=КОРРЕЛ(B2:K2;B3:K3)
6	Критерий Стьюдента	=B5*КОРЕНЬ(СЧЁТ(B2:K2)-2)/КОРЕНЬ(1-B5*B5)
7	Критическое значение критерия Стьюдента	=СТЬЮДРАСПОБР(0,05;СЧЁТ(B2:K2)-2)

Рис. 6

Регрессионный анализ проводится с помощью надстройки «*Пакет анализа*», для последовательность команд *Сервис – Анализ данных – Регрессия*, в поле «*Входной интервал*» указываем значения для Y и X (**A3:K3** и **A2:K2** соответственно), в «*Параметрах вывода*» выбираем «*Выходной интервал*» и указываем там ячейку на этом же листе, отмечаем параметры «*Уровень надежности*» (значение можно изменять, в нашем случае указываем 95%) и *«Метки»*, нажимаем *OK*. Если удалялся артефакт, то необходимо скопировать первоначальные значения в другие ячейки, поскольку значения во входном интервале должны быть непрерывными.

Скопировать и вставить в другое место первоначальный график, изменить тип линий тренда с линейной на другие варианты (логарифмическую, степенную или экспоненциальную), оставить ту линию, которая наилучшим способом описывает искомую закономерность (при ней значение R^2 максимально).

Оформить результаты анализа в MS Word, скопировав в него исходную и все полученные таблицы, а также. Сделать выводы по направлению, форме и силе корреляционной связи. Оценить ее достоверность по критерию Стьюдента и по таблице минимальных существенных значений коэффициентов корреляции. Привести графики линейной функции и той, что наилучшим способом описывает искомую закономерность. Записать уравнение регрессии со значением коэффициента детерминации (R^2), сделать выводы по последнему.

ТЕМА № 4

Кластерный анализ

Проведем кластерный анализ для областей Беларуси по показателям внесения удобрений и урожайности ряда сельскохозяйственных культур.

Допускается выполнение работы по двум вариантам (на выбор пользователя):

а) Набор исходных данных в MS Excel. Открыть MS Excel. Набрать следующие исходные данные, указанные в табл. 1 в ячейках диапазона A1:F6 Листа 1. Сохранить введенные данные и закрыть файл.

Таблица 1

16,6	212	27,3	175	38,9	12,4
13,9	193	15,7	156	40,1	11,8
16,3	226	25,3	186	28,6	13,9
13,5	240	29,4	178	43,5	15,4
11,6	205	25,9	193	33,6	10,3
15,5	231	27,5	185	32,5	14,4

Запустить программу **Statistica** (через *Пуск – Все программы* или ярлык на рабочем столе), открыть в ней набранный в Excel файл (*File – Open* или через пиктограмму на панели инструментов, в появившемся окне укажите путь к файлу с вышеуказанной таблицей, не забудьте выбрать в окне *«Тип файлов» Excel files (.xls)*). Далее в появившемся диалоговом окне выбираем *Import selected sheet to a Spreadsheet*, затем в следующем окне выбираем *Лист 1 – OK*, в следующем окне ничего не изменяем и сразу жмем *OK*.

б) Подобную таблицу можно сразу создать путем набора в программе **Statistica**, пример **а** показывает на возможность импорта данных из MS Excel.

Переименовать в **Statistica** строки последовательно в *Брестская, Витебская, Гомельская, Гродненская, Могилевская, Минская* в для чего нужно дважды кликнуть на них левой клавишей мышки, а столбцы (Var 1, Var 2 и т.д.) в поле *Name* после двойного щелчка левой клавиши мыши соответственно набираем: *органич. удобр., т/га; минерал. удобр., кг/га; зерновые, ц/га; картофель, ц/га; кормовые травы, ц/га; зернобобовые, ц/га*.

Проводим кластерный анализ, для чего выполняем следующие действия: *Statistics – Multivariate Exploratory Techniques – Cluster analysis – Joining tree clustering* (оно выбрано по умолчанию) – *OK*. В следующем диалоговом окне выбираем закладку *Advanced* – жмем на кнопку *Variables*, там отмечаем все переменные (выделяем левой клавишей мыши при нажатой клавише *Shift* или просто кликаем на кнопке *Select All*) – *OK*. В полях *Input file* ставим *Raw data, Cluster – Cases (rows), Amalgamation (linkage) rule – Single Linkage, Distance Measure – Euclidean distances.* Если ваши параметры соответствуют представленным на рис. 7, то жмем *OK*.

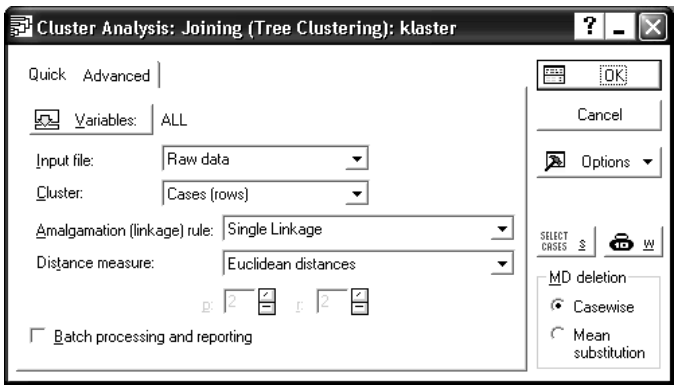


Рис. 7.

Далее в появившемся окне нажимаем *Summary.* Появится дендрограмма с разбитием данных на кластеры. После этого нажимаем на кнопку *Joining result:имя файла* (слева в самом низу программного окна). Там, на закладке *Advanced* выбираем по очереди показатели: *Distance matrix, Descriptive statistics* и *Matrix.* Так же можно выбрать вертикальное расположение древа (показатель *Vertical icicle plot*). Полученный график и таблицы используются для интерпретации данных анализа.

Возможны некоторые проблемы при копировании/вставке графиков и таблиц из **Statistica** в **MS Word**, которые наблюдаются на некоторых компьютерах, поэтому для этой операции рекомендуется пользоваться сохранением изображения с рабочего экрана при помощи кнопки *Print Screen* и последующей его обработки в графических редакторах.

Результаты оформляются в MS Word, в котором нужно привести следующие графики и таблицы: *Tree Diagram for 6 Cases* (первый полученный график, вставляется один либо горизонтальный либо вертикальный), таблицы *Euclidean distances (klaster), Means and Standard Deviations (klaster).* Сделать выводы, используя методические разработки и учебник.

ТЕМА № 5
Факторный анализ

С помощью факторного анализа оценим плодородие почв в Минском районе под влиянием природных и агротехногенных факторов, для чего набираем в программе **Statistica** табл. 2:

Таблица 2

8	2,7	3,5	0,3	2,5	4,6	65	21
11	2,9	4,6	0,2	2,4	4,4	63	27
13	3	4,7	0,1	2,3	4,5	64	26
7	1,9	3,1	0,3	2,1	4,5	54	23
8	2,1	3,6	0,4	2,6	4,7	42	24
9	2,3	4,2	0,1	2,7	5,1	43	24
14	2,7	4,1	0,5	2,8	5	60	22
13	2,8	4,5	0,7	2	4,4	52	23
12	2,6	4,7	0,2	2,2	4,5	47	25
14	2,4	4,8	0,4	2,4	4,6	42	26
9	2,2	3,9	0,6	2,6	4,9	51	27

Переименовываем столбцы в **Statistica** (Var 1, Var 2 и т.д.), для чего нужно дважды кликнуть на них левой клавишей мышки и набрать в поле *Name* соответственно: *органические удобрения, т/га; минеральные удобрения, ц/га; дозы извести, т/га;*

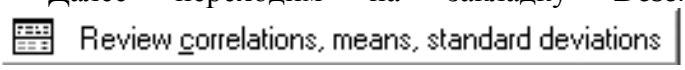
пестициды, кг/га; гумус, т/га; гидролитическая кислотность (*H*)*, мэкв/100 г; влажность почвы, %; физическая глина, %.*

Проводим факторный анализ, для чего выполняем следующие действия: *Statistics – Multivariate Exploratory Techniques – Factor analysis – OK.* В следующем диалоговом окне жмем на кнопку *Variables,* там отмечаем все переменные (выделяем левой клавишей мыши при нажатой клавише *Shift* или просто кликаем на кнопке *Select All*) – *OK*. В поле *Input file* ставим *Raw data,* в поле *MD deletion – Casewise* (выставлено по умолчанию) и жмем *OK*.

В следующем окне переходим на закладку *Advanced*, где по умолчанию выбраны *Principal components*, а значение *Max. no. of factors* равно 2. Если выбраны другие значения, то устанавливаем вышеуказанные и жмем *OK.*

В полученном окне, на закладке *Quick* жмем на кнопку *Eigenvalues.* В получившейся таблице *Eigenvalues (Factors)* приведены: 1) собственные значения факторов, которые были выделены; 2) процент объясненной дисперсии; 3) кумулятивные собственные значения и 4) кумулятивный процент объясненной дисперсии. В нашем случае выделялось два фактора.

После этого возвращаемся в диалоговое окно *Factor Analysis Results: factor.* (слева в самом низу программного окна), где на закладке *Loadings* выбираем окне *Factor rotation* показатель *Varimax raw,* после чего нажимаем на кнопку *Summary: Factor loadings* и *Plot of loadings, 2D.* На закладке *Explained Variance* нажимает по очереди на кнопки: *Scree plot, Communalities.*

Далее переходим на закладку *Descriptives* и нажимаем на кнопку 

, в новом окне на закладке *Quick* поочередно нажимаем на кнопки *Means & SD* и *Correlations*. Вернуться в окно *Factor Analysis Results: factor* можно нажав на *Cancel*.

Оформляем работу в MS Word. Необходимо привести следующие графики и таблицы: Eigenvalues (factor); Factor Loadings, Factor 1 vs. Factor 2; Plot of Eigenvalues; Factor Loadings (Varimax raw) (factor); Means and Standard Deviations (factor); Correlations (factor).

Возможны некоторые проблемы при копировании/вставке графиков и таблиц из **Statistica** в **MS Word**, которые наблюдаются на некоторых компьютерах, поэтому для этой операции рекомендуется пользоваться сохранением изображения с рабочего экрана при помощи кнопки *Print Screen* и последующей его обработки в графических редакторах.

Анализируем полученные графики и таблицы, используя электронную версию методички и учебник. Особое внимание при анализе обратить на то, что в результатах обычно явно выделяются два фактора (переменные, относящиеся к факторам, в различных вариантах могут меняться): антропогенный (удобрения, известь, пестициды) и естественный (гумус, физ. глина и др.), что подтверждается коэффициентами корреляции и другими показателями.

ТЕМА № 6
Решение задачи на оптимальность

Требуется обосновать оптимальные размеры отраслей фермерского хозяйства, позволяющие сохранить плодородие пашни и получить максимум прибыли.

Исходная информация.

1. Фермер имеет 40 + К пашни, 1300 + 10К чел.-дн. годового труда, 600 + 5К ц единиц кормов с пастбищ и сенокосов.

2. Расход ресурсов и выход продукции на единицу отрасли приведен в табл. 3:

Таблица 3

Показатели	Зерновые	Картофель	Многолетние травы	Коровы

Площадь пашни, га	1	1	1	–	40 га
Затраты труда, чел.-дн.	10	32	3	24	
Баланс гумуса, т/га	– 0,9	– 1,6	+0,5		
Расход кормов, ц. к.ед.				50	
Выход кормов, ц к.е.	10	15	25		
Выход навоза от коровы, т				9	
Прибыль, у.д.е.	50 + 0,5К	60 – 0,5К		100 – К	

3. Коэффициент перевода органического удобрения в гумус 0,1

4. Площадь зерновых должна быть не менее 10 га.

Решите задачу симплексным методом и проведите анализ.

Покажем первоначальные условия задачи на листе Excel в виде рабочего листа «Оптимизация».

Решение подобной задачи возможно при помощи надстройки «*Поиск решения*», для ее активации необходимо с помощью команды *Надстройки* из меню *Сервис* открыть окно диалога «*Надстройки*» и в нем установить флажок для компоненты «*Поиск решения*». После нажатия кнопки *ОК* меню *Сервис* будет дополнено командой *Поиск решения*.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Расчет оптимальной программы развития сельского хозяйства						
2	Показатели	Зерновые	Картофель	Мн. травы	Коровы	Итого	Имеется
3	Площадь, га					=СУММ(B3:D3)	40
4	Поголовье коров, гол						
5	Затраты труда, чел.-дн.	=B3*10	=C3*32	=D3*3	=E4*24	=СУММ(B5:E5)	1300
6	Выход кормов, ц к.ед.	=B3*10	=C3*15	=D3*25		=СУММ(B6:D6)+600	
7	Расход кормов, ц к.ед.				=E4*50	=E4*50	
8	Баланс гумуса, т	=B3*0,9	=C3*1,6	=D3*0,5		=B8+C8-D8	
9	Выход навоза				=E4*9*0,1		
10	Прибыль, у.д.е.	=B3*50	=C3*60		=E4*100	=СУММ(B10;C10;E10)	

Рис. 8

В меню *Сервис* Выбираем команду *Поиск решения*. Установить целевую ячейку, которая должна принимать максимальное, минимальное или конкретное значение, в нашем случае это ячейка F10. Ставим отметку тип «максимальное значение». В поле *изменяя ячейки* указываем диапазоны ячеек, оптимальные значения которых требуется найти (B3, C3, D3, E4). Вводим условия ограничения, для чего здесь же вызываем диалоговое окно «*Ограничение*», щелкнув по *добавить*. В диалоговом окне *добавление ограничения* в окошке *ссылка на ячейку* вносим адрес ячейки с функцией *ограничения*, где указывается число или адрес ячейки, содержащей ограничения (табл. 4). Между ними проставить знаки <= или =>. После ввода всех ограничений выбирают «*ОК*».

Таблица 4

Ограничения	Описание
B3 : D3 ≥ 0	Площадь посева сельскохозяйственных культур не может быть отрицательной.
E4 ≥ 0	Поголовье коров не может принимать отрицательные значения.
F3 ≤ G3	Общая площадь посева сельхозкультур не должна быть больше площади пашни.
F5 ≤ G5	Затраты труда на возделывание сельхозкультур в растениеводстве и животноводстве не могут превышать имеющиеся ресурсы труда.
F7 ≤ F6	Расход кормов в животноводстве не должен превышать выхода кормов с отраслей растениеводства с учетом их заготовки на сенокосах и пастбищах.
B3 ≥ 10	Площадь зерновых культур должна быть не менее 10 га.

F8 ≤ E9	Вынос (минерализация) гумуса с урожаем сельхокультур не должен превышать его поступления с отрасли животноводства.
E4 цел	Число коров должно быть целым.

Появляется диалоговое окно «*Поиск решения»*, в нем для решения задачи щелкаем по кнопке *выполнить*. После завершения расчетов появится диалоговое окно «*Результаты поиска решений*». В нем помечаем пункт «*сохранить найденное решение»* и указываем необходимый тип отчета (*результаты, устойчивости, пределы)*. Далее нажимаем «*ОК*» для сохранения результата.

Если решение неверно, то появляется:

- значение целевой ячейки не сходятся;
- поиск не может найти подходящее решение;
- условия для линейной модели не удовлетворительны и др.

При положительном решении выбрать «*Сохранить сценарий*», при отрицательном – «*Восстановить исходные данные*».