Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Тверской государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации

(ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России)

Кафедра общественного здоровья и здравоохранения с курсом истории медицины

Методические рекомендации

для самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию по теме:

**Применение непараметрических методов в**

**медико-социальных исследованиях.**

**Методика расчёта критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат»**

Тверь, 2018

Автор:

*Иванов Александр Геннадьевич,* профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения с курсом истории медицины, доктор медицинских наук, профессор.

Рецензенты:

*Дербенёв Димитрий Павлович,* заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом менеджмента ФДПО, д.м.н., профессор.

*Королюк Екатерина Геннадьевна,* профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения с курсом менеджмента ФДПО, д.м.н., доцент.

Иванов, А.Г.

Применение непараметрических методов в медико-социальных исследованиях. Методика расчёта критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат» : методические рекомендации для самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию / Твер. гос. мед. ун-т; [А.Г. Иванов]. – Тверь, 2018. – 12 с.

Методические рекомендации для самостоятельной подготовки студентов составлены в соответствии с учебной программой по дисциплине «Общественное здоровье и здравоохранение», в которых изложены основные аспекты применения непараметрических методов в медико-социальных исследованиях, а также методика расчёта критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат», применяемые при изучении показателей общественного здоровья и деятельности системы (организаций) здравоохранения.

Методические рекомендации предназначены для студентов, обучающихся по основным профессиональным образовательным программам высшего образования – программам специалитета, относящимся к УГС 31.00.00 Клиническая медицина.

Методические рекомендации обсуждены на заседании кафедры общественного здоровья и здравоохранения с курсом истории медицины ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России.

Методические рекомендации рассмотрены на заседании методического совета по преподаванию дисциплин терапевтического профиля ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России.

Методические рекомендации рекомендованы к утверждению на заседании центрального координационно-методического совета ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России.

**Тема: Применение непараметрических методов в медико-социальных исследованиях. Методика расчёта критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат»**

Врезультатеизучения темы студент должен:

*знать:*

- условия применения непараметрических методов при проведении медико-социальных исследований;

- критерии выбора того или иного непараметрического метода при проведении медико-социальных исследований;

- условия применения критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат»;

- методику расчёта критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат».

*уметь:*

- рассчитывать критерий соответствия (χ²) – «хи-квадрат»;

- интерпретировать значение критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат».

**Непараметрические критерии оценки –** это совокупность статистических методов, которые позволяют оценить результаты медико-социальных исследований без вычисления общепринятых параметров, например, средней арифметической, среднего квадратического отклонения, средней ошибки средней арифметической, коэффициента вариации и др.

Достоинства непараметрических методов (критериев) заключаются в том, что они:

- не требуют знания характера распределения;

- могут применяться при любых распределениях;

- могут быть использованы при любом, даже небольшом числе наблюдений (n ≤ 30);

- применяются для признаков, имеющих количественное выражение, и признаков полуколичественного характера (например, степень тяжести заболевания, результаты лечения и др.);

- относительно просты и не требуют проведения сложных расчётов;

- обладают достаточной мощностью (чувствительностью).

В основе расчёта непараметрических критериев лежит упорядочивание (ранжирование) имеющихся значений по отношению друг к другу, типа «больше-меньше» или «лучше-хуже». Это разграничение значений не предполагает точных количественных соотношений, а, следовательно, и ограничений на параметры и вид распределения. Поэтому для использования непараметрических критериев нужно меньше информации по сравнению с параметрическими критериями. В качестве оценок при непараметрических методах используются относительные характеристики – ранги, серии, знаки и др. Если при проведении медико-социального исследования возможно применение параметрических критериев (нормальное распределение признака и разнообразие признака в совокупности незначительно), то этим критериям, как учитывающим большее количество информации, следует отдать предпочтение, так как они оказываются более мощными, чем непараметрические критерии, хотя и более трудоёмкими.

Непараметрические методы нашли широкое применение не только в медико-социальных, но и в микробиологических, иммунологических и фармакологических исследованиях. Это обусловлено тем, что при проведении подобных исследований приходится иметь дело с малыми выборками, например, врачам-клиницистам – при изучении редких форм заболеваний.

Непараметрические методы, применяемые при проведении медико-социальных исследований, в частности для сравнения выборочных совокупностей, предусматривают соблюдение алгоритма – строгой последовательности определённых операций. В результате вычисляется конкретное числовая величина, которая сравнивается с табличным критическим (пороговым) значением. Критерием достоверности будет являться результат сравнения полученной величины с табличным значением при определённом числе наблюдений (или степеней свободы) и заданном пороге безошибочного прогноза. Следовательно, критерий достоверности, полученный при проведении статистической процедуры, имеет основное значение, поэтому процедуру статистической оценки в целом иногда называют тем или иным критерием.

Использование непараметрических критериев связано с такими понятиями, как «нулевая гипотеза», уровень значимости, достоверность статистических различий.

«Нулевая гипотеза» ‒ это предположение о том, что в сравниваемых группах отсутствует различие в распределении частот. Иными словами – две сравниваемые эмпирические выборки принадлежат к одной и той же генеральной совокупности. Если вероятность (Р) «нулевой гипотезы» мала, то отклонение от неё позволяет утверждать, что сравниваемые выборки принадлежат к разным генеральным совокупностям.

Уровень значимости – это такая вероятность, которую принимают за основу при статистической оценке гипотезы. В качестве максимального уровня значимости, при котором «нулевая гипотеза» ещё отклоняется, принимается 5%. При уровне значимости более 5% «нулевая гипотеза» принимается, различия между сравниваемыми совокупностями принимаются статистически недостоверными или незначимыми.

При проведении медико-социального исследования особенно важен вопрос о мощности (чувствительности) критериев. Каждый из изучаемых критериев имеет характерную для себя мощность. Оценку значимости различий необходимо начинать с наименее мощного критерия. Если этот критерий опровергает нулевую гипотезу, то на этом анализ заканчивается. Если же нулевая гипотеза этим критерием не опровергается, то следует проверить изучаемую гипотезу более мощным критерием. Однако если значение характеристики, вычисленной для менее мощного критерия, оказалось очень далеким от критического значения, то мало вероятно, что более мощный критерий опровергнет нулевую гипотезу.

Выбор непараметрических критериев для оценки результатов медико-социальных исследований (для определения существенности различий двух совокупностей) предусматривает следующие аспекты (таблица):

1) в каком виде получены результаты: в количественном или альтернативном (атрибутивном), т.е. представлены числом или альтернативной (атрибутивной, двухвариантной) оценкой: «есть признак» ‒ «нет признака», «есть симптом» ‒ «нет симптома» и т.д.;

2) связаны ли между собой сравниваемые выборочные совокупности или они независимы друг от друга. К связанным между собой относятся выборочные совокупности с попарно сопряжёнными вариантами. Например, при изучении количества эритроцитов в крови одних и тех же больных до и после лечения, различных физиологических показателей у спортсменов в норме, перед стартом и после окончания соревнований и т.п. Взаимно независимые совокупности не связаны между собой и могут иметь различную численность. Например, результаты исследования крови у нескольких групп больных с различными стадиями болезни, результаты наблюдений над подопытной и контрольной группами исследования и т.д.;

3) сравниваются две или несколько выборочных совокупностей.

Таблица

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Название критерия | Число наблюдений, при котором применяется критерий | Сравнительная чувствительность (мощность) критериев (ранжировано по увеличению мощности) | |
| Для взаимосвязанных (сопряжённых) совокупностей | G-критерий Знаков | До 100 пар | G-критерий Знаков  ↓  Т-критерий Вилкоксона | |
| Максимум-критерий | Не менее 6; 8; 11 пар |
| Т-критерий Вилкоксона | 6-25 пар |
| Для независимых совокупностей | U-критерий Манна-Уитни | Менее 20 | Q-критерий Розенбаума  ↓  Т-критерий Уайта  ↓  Х-критерий Ван дер Вардена | Серийный критерий  ↓  λ-критерий Колмогорова-Смирнова |
| Q-критерий Розенбаума | От 11 до 26 |
| Т-критерий Уайта | Не более 28 |
| Х-критерий Ван дер Вардена | От 8 до 30 |
| Серийный критерий |  |
| λ-критерий Колмогорова-Смирнова |  |
| Для любых совокупностей | Точный метод Фишера для четырёхпольных таблиц | От 2 до 20  От 2 до 16 | Точный метод Фишера для четырёхпольных таблиц  ↓  Критерий соответствия (χ²) – «хи-квадрат». | |
| Критерий соответствия (χ²) – «хи-квадрат». |  |

Таким образом, применение непараметрических методов при проведении медико-социальных исследований даёт целый ряд неоспоримых достоинств. Непараметрические методы:

1) не требуют знания законов распределения сравниваемых совокупностей;

2) могут быть применены в отношении совокупностей не только количественных, но и качественных;

3) позволяют проводить статистическую обработку результатов медико-статистических исследований при малом числе наблюдений;

4) сочетают в себе простоту расчётов с достаточной мощностью (чувствительностью).

В качестве примера использования непараметрических методов в медико-социальных исследованиях рассмотрим **критерий соответствия (χ²) – «хи-квадрат»**.

До конца XIX века нормальное распределение считалась всеобщим законом вариации данных. Однако Карл Пирсон\* заметил, что эмпирические частоты могут сильно отличаться от нормального распределения. Встал вопрос, как это доказать. Требовалось не только графическое сопоставление,

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\* Карл Пи́рсон ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *Karl (Carl) Pearson*, [1857](https://ru.wikipedia.org/wiki/1857)-[1936](https://ru.wikipedia.org/wiki/1936)) – английский [математик](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), [статистик](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA), [биолог](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3) и [философ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%BE%D1%84); основатель [математической статистики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), один из основоположников [биометрики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0).

которое имеет субъективный характер, но и строгое количественное обоснование.

Так был разработан критерий соответствия (χ²) – «хи-квадрат», который проверяет значимость расхождения эмпирических (наблюдаемых) и теоретических (ожидаемых) частот. Это произошло в 1900 году, однако критерий и сегодня широко применяется, в том числе для решения широкого круга задач при проведении медико-социальных исследований. Прежде всего, для анализа номинальных данных, т.е. таких, которые выражаются не количеством, а принадлежностью к какой-то категории. Например, степень тяжести заболевания или инвалидности, гендерная принадлежность госпитализированных, методика лечения и т.д. К таким данным нельзя применять математические операции как сложение или умножение, для них можно подсчитать только частоты.

С помощью критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат» определяют соответствие (согласие) эмпирического распределения теоретическому, и тем самым оценивают достоверность различий между выборочными совокупностями. Критерий соответствия (χ²) применяется в тех случаях, когда нет необходимости знать величину того или иного параметра (среднюю или относительную величину), а требуется оценить достоверность различий не только двух, но и большего числа групп, подтвердить, существенно ли влияние изучаемого фактора или оно случайно, и подтвердить наличие взаимосвязи между явлениями. Более того, большим преимуществом критерия соответствия (χ²) является то, что он может одним числом выразить степень соответствия многих выборочных совокупностей.

Например, критерий соответствия (χ²) может быть применён для ответа на вопрос – действительно ли результаты в контрольных группах отличаются от результатов в опытных группах, эффективна ли вакцинация (существенно ли заболеваемость привитых отличается от заболеваемости непривитых) и др.

На практике критерий соответствия (χ²) может применяться не только в тех случаях, когда требуется сравнить ожидаемые (прогнозируемые) и фактические (наблюдаемые) частоты каких-то явлений. Его применение возможно и для сравнения результатов двух групп испытуемых, если данные одной группы рассматривать в качестве ожидаемых результатов, а данные другой группы принять за фактически наблюдаемые результаты. Поскольку критерий соответствия (χ²) не требует наличия нормального распределения частот в выборке данных (преобладания средних значений), то он применим для анализа любых частотных распределений.

В отличие от метода оценки достоверности с помощью критерия Стьюдента (t), который позволяет проводить лишь попарное сравнение, критерий соответствия (χ²) применяется для сопоставления не только двух, но и большего числа групп, и в этом его преимущество. Определение критерия соответствия основано на довольно распространенном в исследованиях приеме, а именно: доказывать от противного.

Вычисление критерия соответствия (χ²) начинается с предположения о том, что обе эмпирические совокупности являются выборочными из одной и той же генеральной совокупности, – это предположение называется «нулевой гипотезой».

Далее вычисляют вероятность того, что при условии справедливости «нулевой гипотезы» расхождение между выборочными оценками параметров, связанное только с выборочным варьированием, может достигнуть фактически наблюдаемой величины, и если эта вероятность окажется очень малой, то «нулевая гипотеза» отвергается, а именно: мало вероятно, что расхождение вызвано случайными причинами, а не реальным различием.

Определение критерия основано на расчете разницы между фактическими (Р) и «ожидаемыми» (Р1), данными. Чем больше эта разность (Р–Р1), тем с большей вероятностью можно утверждать, что существуют различия в распределении сравниваемых выборочных совокупностей, и наоборот, чем меньше разность, тем меньше шансов на то, что сравниваемые выборочные совокупности различны между собой.

Значение критерия соответствия (χ²) является положительным числом, которое тем больше, чем больше несоответствие между сравниваемыми совокупностями. При полном отсутствии различия между ними, величина критерия соответствия (χ²) будет равна нулю. Следовательно, «нулевая гипотеза» справедлива – различия между сравниваемыми совокупностями отсутствуют.

Критерий соответствия (χ²) определяется по формуле:

(Р – Р1)²

χ² = Σ ------------, где

Р1

Р – фактические (эмпирические) данные;

Р1 ‒ «ожидаемые» (теоретические) данные, вычисленные на основании «нулевой гипотезы»;

∑ — знак суммы.

При оценке критерия соответствия (χ²) учитывают число рядов (R) и число строк (S) распределения фактических чисел (без итоговых) и на основании этих данных вычисляют так называемое число степеней свободы n¹ = (R – 1) х (S – 1). Число степеней свободы указывает на число «свободно варьирующих» элементов, или число клеток таблицы, которые могут быть заполнены любыми числами без изменения общих итоговых данных.

Полученное значение критерия соответствия (χ²) оцениваем по таблице критических значений χ². Для того, чтобы опровергнуть «нулевую гипотезу», вычисленный критерий соответствия должен быть равен или больше табличного (критического) значения χ².

Для быстрой оценки значения критерия соответствия (χ²) можно пользоваться формулой:

χ² ‒ n¹

--------, где

√ 2 n¹

n¹ ‒ число степеней свободы.

Если получено число равное или больше 3, то следует считать «нулевую гипотезу» неподтверждённой. «Нулевая гипотеза» может считаться доказанной, если полученное число меньше 3.

**Контрольные вопросы:**

1. Каковы условия применения параметрических и непараметрических методов при проведении медико-социальных исследований?

2. Какими критериями необходимо пользоваться при выборе того или иного непараметрического метода при проведении медико-социальных исследований?

3. Каковы условия применения критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат»?

4. Что означает понятие «нулевая гипотеза»?

5. Какова методика расчёта критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат»?

6. Возможно ли применение критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат» для относительных и средних величин?

7. Как определить число степеней свободы при вычислении критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат»?

8. Каковы достоинства и недостатки критерия соответствия (χ²) – «хи-квадрат» по сравнению с другими непараметрическими критериями?

**Список рекомендуемой литературы**

**а) основная литература**

1. Медик, В.А. Общественное здоровье и здравоохранение [Текст] : учебник / В.А. Медик. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 656 с.

2. Полунина, Н. В. Общественное здоровье и здравоохранение [Текст] : учебник / Н.В. Полунина. – Москва : Медицинское информационное агентство, 2010. – 544 с.

**электронный ресурс**

Лисицын, Ю.П. Общественное здоровье и здравоохранение [Электронный ресурс] : учебник Ю.П. Лисицын, Г.Э. Улумбекова. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015.

**б) дополнительная литература**

1. Здравоохранение и общественное здоровья [Текст] : учебник / под ркд. Г.Н. Царик. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 912 с.

2. Мерков, А.М. Санитарная статистика [Текст] : пособие для врачей / А.М. Мерков, Л.Е. Поляков. – Москва: Медицина, 1974. – 383 с.