УДК 330.43

**КОСТЫРИН Евгений Вячеславович** – д.э.н., заведующий кафедрой  
ИБМ5 «Финансы» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

**Kostyrin E.V.** – Doctor of Economics, Head of the Department IBM5 “Finance” Bauman Moscow State Technical University (BMSTU).

**ЛУА Мусса Паскаль** – аспирант кафедры ИБМ5 «Финансы» МГТУ им.  
Н.Э. Баумана.

**Loua M.P.** – Postgraduate student of the Department of IBM5 “Finance” of the Bauman Moscow State Technical University.

**ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИНФЕКЦИОННЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ В СТРАНАХ АФРИКИ**

**ECONOMETRIC MODEL OF INFECTIOUS DISEASE MANAGEMENT IN AFRICA**

**Аннотация.** В научной статье подробно проанализированы показатели деятельности крупномасштабных систем здравоохранения стран Африки и разработана эконометрическая модель управления инфекционными заболеваниями в странах Африки, оценивающая смертность от малярии в зависимости от влияющих факторов: численности населения, численности врачей, числа больничных коек, количества подтверждённых случаев заболеваний малярией, смертности от туберкулёза и смертности от вируса иммунодефицита человека (ВИЧ). Показано, что наибольшая корреляция наблюдается между смертностью от малярии и смертностью от туберкулёза, а наименьшая – между смертностью от малярии и смертностью от ВИЧ. Более того, количество подтверждённых случаев заболеваний ВИЧ и вовсе оказывает отрицательное влияние на смертность от малярии (коэффициент парной корреляции Пирсона равен -0,034). Предлагаемый инструментарий даёт возможность отслеживать изменения количественных значений входных параметров модели, осуществлять постоянный мониторинг ситуации и обеспечивать руководителей системы здравоохранения своевременной и достоверной информацией для принятия управленческих решений.

**Annotation.** The scientific article analyzes in detail the performance indicators of large-scale health systems in African countries and develops an econometric model for managing infectious diseases in African countries, estimating malaria mortality depending on influencing factors: population size, number of doctors, number of hospital beds, number of confirmed cases of malaria, tuberculosis mortality and human immunodeficiency virus (HIV) mortality. It has been shown that the greatest correlation is observed between malaria mortality and tuberculosis mortality, and the lowest is between malaria mortality and HIV mortality. Moreover, the number of confirmed HIV cases has a negative impact on malaria mortality (the Pearson pair correlation coefficient is -0.034). The proposed toolkit makes it possible to track changes in the quantitative values of the input parameters of the model, continuously monitor the situation and provide managers of the healthcare system with timely and reliable information for making managerial decisions.

**Ключевые слова:** смертность от малярии, туберкулёз, ВИЧ, корреляция, коэффициент корреляции Пирсона, здравоохранение, крупномасштабная система.

**Keywords:** mortality from malaria, tuberculosis, HIV, correlation, Pearson correlation coefficient, healthcare, large-scale system.

**Введение.** Крупномасштабные системы национального здравоохранения являются важнейшими в создании, укреплении, поддержании, восстановлении, профилактике, реабилитации и повышении здоровья и качества жизни граждан во всех странах мира [1]. Но мы также знаем, что развитие национальной крупномасштабной системы оказания медицинской помощи должно соответствовать основным направлениям развития государства и его основных институтов как социально-экономической структуры, отвечая на социальные и экономические вызовы общества, в том числе такие, как распространение смертельно опасных инфекционных заболеваний: малярия, туберкулёз, вирус Эбола и др. [2-4]. Это требует повышения эффективности работы всех структурных подразделений системы здравоохранения, начиная с его наименьшего звена, оказания медицинской помощи гражданам на местах, с учётом национальных особенностей, условий и традиций [5-7].

В современных условиях проводится исследовательская работа по повышению эффективности крупномасштабных систем здравоохранения во всём мире, и в Африке в частности, с целью их дальнейшего поступательного и эффективного развития. Процесс реформирования носит поступательный характер и позволяет эволюционно улучшать деятельность всех элементов и центров ответственности здравоохранения, совершенствовать технологии оказания медицинских услуг, практически реализовывать на местах инновационные формы организации и аккумулировать для этого необходимые материальные, кадровые и финансовые ресурсы [8, 9]. В основе таких систем должен быть принцип научной обоснованности, экономико-математического и эконометрического моделирования базовых фундаментальных процессов, знаний в области управленческих наук [10, 11].

В современной системе здравоохранения африканских стран можно выделить следующие основные проблемы: отсутствие прозрачности в управлении, финансировании и организации здравоохранения, катастрофическая нехватка квалифицированных профессиональных кадров и современной инфраструктуры, устаревшее медицинское оборудование, высокая эпидемиологическая опасность, трудность и даже практически невозможность бороться с инфекционными заболеваниями собственными силами [12, 13].

Данные проблемы вызывают серьёзную обеспокоенность в африканском обществе, что привело к пониманию острой необходимости существенных изменений в организации и финансировании медицинского обслуживания граждан. О такой назревшей потребности свидетельствуют объективные и субъективные характеристики, показывающие состояние крупномасштабных систем здравоохранения стран Африки, такие как: продолжительность жизни населения; младенческая смертность; смертность от инфекционных заболеваний; состояние здоровья граждан; параметры инфраструктуры здравоохранения и кадрового обеспечения; большая доля иностранных специалистов, в том числе российских; качество жизни и восприятие гражданами качества своей жизни и здоровья; отношение к здравоохранению и реформам Правительств в этой крайне важной для безопасности государств Африки области.

***Объектами данного исследования*** являются действующие модели борьбы с инфекционными заболеваниями в системах здравоохранения стран Африки.

***Предмет настоящего научного исследования*** – особенности крупномасштабных систем здравоохранения стран Африки.

***Целью научной статьи выступает*** разработка и практическая реализация эконометрической модели управления инфекционными заболеваниями в странах Африки как индикатора их общего социально-экономического развития.

**Материалы и методы исследования.** Для решения данных задач эффективно использование математических и инструментальных методов экономики, например моделирования. Этот гибкий инструмент экономического планирования позволяет адекватно реагировать на изменения исходных данных. Полученные результаты дают возможность менеджерам принимать обоснованные решения о необходимости изменений в штатной и организационной структурах медицинских организаций и здравоохранения в целом.

Анализ и моделирование труда в системах здравоохранения и борьбы с инфекционными заболеваниями характеризуется определённым порядком их проведения. Выделяют два подхода [14, 15]:

1. дедуктивный метод, который предполагает изучение трудовых показателей вначале в масштабе учреждения (или даже субъекта, государства в целом), затем – по службам, отделениям и кабинетам (метод «сверху вниз»);
2. индуктивный метод, который заключается в первоначальном изучении трудовых показателей по кабинетам, отделениям, службам, а  
   затем – по учреждениям, субъектам, государству в целом (метод «снизу вверх»).

Методы исследования и моделирования распространения инфекционных заболеваний позволяют применять различные статистические и математические приёмы и способы обработки исходных данных. Для системы здравоохранения моделирование осуществляется на основе сравнения абсолютных и относительных показателей, характеризующих развитие какого-либо процесса или результата деятельности учреждений. В этом случае можно использовать статистические и математические алгоритмы обработки исходных данных, позволяющие выявить закономерности или общие тенденции развития.

Для установления зависимости между результатами работы медицинских организаций и данными по заболеваемости и смертности населения от инфекционных болезней могут применяться методы и инструменты корреляционно-регрессионного анализа и построение эконометрических моделей, которые характеризуют зависимость целевой функции, например, смертности от малярии, от величины влияющих факторов, которыми могут выступать численность врачей-инфекционистов, среднего медицинского персонала и другие. Основные требования, предъявляемые к включаемым в модель факторам, следующие:

1) каждый из факторов должен быть обоснован теоретически;

2) в перечень целесообразно включать только важнейшие показатели, оказывающие существенное воздействие на изучаемые свойства;

3) факторы не должны быть линейно зависимы, поскольку эта зависимость означает, что они характеризуют аналогичные свойства изучаемого явления и может наблюдаться эффект мультиколлинеарности;

4) влияющие на изучаемый процесс факторы должны быть количественно измеримы;

5) в одну модель нельзя включать совокупный показатель и образующие его частные характеристики.

Например, заработная плата медицинского персонала зависит, наряду с другими факторами, от числа обслуживаемых пациентов за определённый период времени. Однако эти параметры могут быть тесно взаимосвязаны, и, следовательно, в модель целесообразно включать только один из них. Включение в модель линейно зависимых факторов приводит к возникновению явления мультиколлинеарности, которое отрицательно сказывается на качестве модели. Наиболее распространённым методом выявления мультиколлинеарности является метод корреляции. На практике считают, что две переменные коллинеарны (линейно зависимы), если парный коэффициент корреляции между ними по абсолютной величине превышает 0,85. Устраняют мультиколлинеарность чаще всего путём исключения из модели одного из коррелированных факторов.

*Постановка задачи.* Перед здравоохранением стран Африки, включая системы управления инфекционными заболеваниями, стоит актуальная задача разработки эконометрической модели и инструментария оценки и управления инфекционными заболеваниями, а именно смертностью от малярии на основе степенного уравнения регрессии. Используемый для достижения указанной цели математический аппарат регрессионного анализа позволяет установить зависимость смертности от малярии от влияющих на его значение факторов.

Объектом исследования выступают крупномасштабные системы здравоохранения стран Африки и характеризующие их параметры, анализ деятельности которых в масштабах государств Африки даёт возможность исследователю использовать полученные зависимости при проектировании организационной структуры управления инфекционными заболеваниями и составлении штатного расписания отдельных департаментов и медицинских организаций.

В настоящем исследовании изучается влияние на смертьность от малярии следующих факторов (по странам Африки): численности населения, численности врачей, числа больничных коек, количества подтверждённых случаев заболеваний малярией, количества подтверждённых случаев заболеваний туберкулёзом, смертности от туберкулёза, количества подтверждённых случаев заболеваний вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ) и смертности от ВИЧ [14, 15].

Информационную основу для разработки методологии математического моделирования и анализа процессов управления инфекционными заболеваниями составляют данные, представленные в статистических сборниках международной базы статистических данных statbase [16]. Данные, характеризующие деятельность крупномасштабных систем здравоохранения в странах Африки в 2023 г., сгруппированные по географическому признаку: Центральная Африка, Восточная Африка, Северная Африка, Южная Африка и Западная Африка – представлены в табл. 1.

*Построение уравнения регрессии.* На первом этапе построения эконометрической модели необходимо её необходимо проверить на отсутствие мультиколлинеарности с помощью корреляционной матрицы, как показано в табл. 2. В представленной в табл. 2 матрице на пересечении строк и столбцов указаны значения коэффициентов парной корреляции Пирсона между результативным (смертность от малярии) и каждым из факторных признаков и между факторными признаками попарно.

Таблица 1

Показатели деятельности крупномасштабных систем здравоохранения стран Африки (по состоянию на 2023 г.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование страны | Численность населения | Численность врачей | Число больничных коек | Количество подтверждённых случаев заболеваний малярией | Смертность от малярии | Количество подтверждённых случаев заболеваний туберкулёзом | Смертность от туберкулёза | Количество подтверждённых случаев заболеваний ВИЧ | Смертность от ВИЧ |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| **Центральная Африка** | | | | | | | | | | |
| 1 | Бурунди | 12 889 576 | 812 | 9 023 | 6 615 714 | 5 957 | 12 000 | 2 200 | 80 000 | 1 300 |
| 2 | Камерун | 28 372 687 | 3 759 | 73 769 | 3 335 174 | 13 839 | 44 000 | 7 400 | 480 000 | 10 000 |
| 3 | ЦАР | 5 073 131 | 114 | 5 073 | 120 000 | 5 151 | 30 000 | 5 500 | 120 000 | 4 500 |
| 4 | Чад | 17 414 108 | 1 507 | 8 707 | 1 418 539 | 11 744 | 25 000 | 4 200 | 120 000 | 2 800 |
| 5 | Демократическая Республика Конго | 102 789 731 | 18 493 | 82 232 | 23 249 165 | 78 847 | 314 000 | 34 000 | 490 000 | 12 000 |
| 6 | Конго | 6 142 180 | 1 042 | 9 827 | 189 616 | 2 293 | 22 000 | 2 800 | 140 000 | 7 700 |
| 7 | Экваториальная Гвинея | 1 847 549 | 239 | 3 880 | 25 904 | 785 | 4 600 | 310 | 72 000 | 2 800 |
| 8 | Габон | 2 437 000 | 1 139 | 4 874 | 64 957 | 384 | 12 000 | 1 900 | 49 000 | 1 800 |
| 9 | Сан-Томе | 231 856 | 105 | 672 | 2 730 | 1 | 260 | 55 | 1 100 | 100 |
| **Восточная Африка** | | | | | | | | | | |
| 10 | Коморские острова | 850 387 | 354 | 1 871 | 21 079 | 53 | 300 | 84 | 200 | 100 |
| 11 | Джибути | 1 136 000 | 201 | 1 590 | 58 916 | 117 | 2 700 | 290 | 0 | 0 |
| 12 | Эритрея | 3 470 389 | 260 | 3 470 | 43 463 | 211 | 2 600 | 300 | 12 000 | 300 |
| 13 | Эфиопия | 126 346 275 | 13 327 | 37 904 | 1 397 151 | 8 041 | 156 000 | 21 000 | 610 000 | 11 000 |
| 14 | Кения | 55 339 003 | 5 334 | 77 475 | 3 828 757 | 12 011 | 128 000 | 17 000 | 1 400 000 | 18 000 |
| 15 | Мадагаскар | 30 311 817 | 4 275 | 9 094 | 2 339 103 | 12 571 | 69 000 | 11 000 | 70 000 | 3 200 |
| 16 | Маврикий | 1 291 230 | 1 555 | 4 778 | 0 | 0 | 160 | 12 | 0 | 0 |
| 17 | Руанда | 14 090 000 | 1 492 | 9 863 | 1 163 670 | 3 258 | 7 700 | 440 | 230 000 | 2 700 |
| 18 | Сейшелы | 119 773 | 409 | 383 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | Сомали | 18 358 615 | 309 | 16 523 | 12 967 | 2 506 | 43 000 | 11 000 | 0 | 0 |
| 20 | Южный Судан | 11 483 374 | 456 | 2 297 | 2 017 227 | 7 344 | 25 000 | 2 500 | 160 000 | 7 600 |
| 21 | Судан | 48 874 204 | 10 683 | 34 212 | 1 647 745 | 7 784 | 25 000 | 3 700 | 41 000 | 1 900 |
| 22 | Танзания | 66 617 606 | 2 600 | 46 632 | 445 681 | 25 787 | 128 000 | 13 000 | 1 700 000 | 22 000 |
| 23 | Уганда | 48 582 334 | 7 941 | 24 291 | 14 336 387 | 19 663 | 94 000 | 1 900 | 1 400 000 | 17 000 |
| **Северная Африка** | | | | | | | | | | |
| 24 | Алжир | 45 606 480 | 58 945 | 73 048 | 1 164 | 0 | 23 000 | 2 300 | 28 000 | 500 |
| 25 | Египет | 112 735 772 | 73 363 | 124 009 | 0 | 0 | 11 000 | 480 | 34 000 | 520 |
| 26 | Ливия | 6 888 000 | 13 757 | 22 042 | 0 | 0 | 4 000 | 840 | 7 900 | 100 |
| 27 | Мавритания | 5 022 442 | 1 118 | 2 009 | 18 660 | 1 144 | 3 700 | 590 | 8 300 | 500 |
| 28 | Марокко | 37 264 469 | 26 003 | 26 085 | 905 | 0 | 35 000 | 2 700 | 21 000 | 500 |
| 29 | Тунис | 12 200 431 | 15 108 | 22 164 | 0 | 0 | 4 600 | 140 | 7 100 | 500 |
| **Южная Африка** | | | | | | | | | | |
| 30 | Ангола | 36 749 906 | 8 693 | 29 400 | 8 325 921 | 17 836 | 119 000 | 19 000 | 310 000 | 13 000 |
| 31 | Ботсвана | 2 675 352 | 993 | 5 886 | 729 | 2 | 6 000 | 900 | 340 000 | 3 800 |
| 32 | Эсватини | 1 230 506 | 1 912 | 2 461 | 581 | 0 | 3 900 | 310 | 220 000 | 2 700 |
| 33 | Лесото | 2 337 669 | 347 | 3 039 | 0 | 0 | 15 000 | 1 400 | 270 000 | 4 000 |
| 34 | Малави | 21 104 482 | 996 | 27 436 | 6 948 500 | 7 392 | 25 000 | 1 900 | 1 000 000 | 12 000 |
| 35 | Мозамбик | 33 897 354 | 3 729 | 25 626 | 9 071 650 | 3 193 | 119 000 | 5 300 | 2 400 000 | 48 000 |
| 36 | Намибия | 2 928 000 | 1 394 | 7 906 | 13 738 | 54 | 12 000 | 1 400 | 220 000 | 3 100 |
| 37 | ЮАР | 62 378 410 | 48 021 | 143 470 | 5 812 | 56 | 280 000 | 23 000 | 7 600 000 | 45 000 |
| 38 | Замбия | 20 435 101 | 5 243 | 40 870 | 6 769 142 | 8 806 | 59 000 | 2 500 | 1 400 000 | 19 000 |
| 39 | Зимбабве | 16 099 216 | 2 708 | 32 198 | 133 137 | 876 | 33 000 | 2 300 | 1 300 000 | 20 000 |
| **Западная Африка** | | | | | | | | | | |
| 40 | Бенин | 14 111 034 | 2 608 | 5 644 | 2 876 368 | 11 154 | 6 900 | 1 100 | 72 000 | 1 900 |
| 41 | Буркина-Фасо | 23 035 515 | 3 323 | 4 607 | 10 515 380 | 16 146 | 9 800 | 710 | 95 000 | 2 600 |
| 42 | Кабо-Верде | 598 682 | 2 644 | 1 197 | 21 | 0 | 180 | 19 | 3 600 | 100 |
| 43 | Кот Д Ивуар | 31 165 651 | 4 930 | 12 466 | 7 295 068 | 14 906 | 35 000 | 5 300 | 410 000 | 10 000 |
| 44 | Гамбия | 2 805 911 | 269 | 3 367 | 77 287 | 615 | 3 900 | 580 | 26 000 | 1 400 |
| 45 | Гана | 34 674 456 | 4 726 | 24 272 | 5 747 585 | 12 557 | 44 000 | 11 000 | 350 000 | 9 400 |
| 46 | Гвинея | 14 190 612 | 297 | 4 257 | 2 422 374 | 9 439 | 24 000 | 2 000 | 130 000 | 3 500 |
| 47 | Гвинея-Бисау | 2 249 515 | 438 | 2 250 | 160 907 | 1 029 | 7 600 | 7 600 | 34 000 | 1 200 |
| 48 | Либерия | 5 436 964 | 954 | 8 699 | 912 436 | 3 578 | 16 000 | 3 700 | 34 000 | 920 |
| 49 | Мали | 21 787 465 | 4 402 | 6 536 | 3 204 130 | 19 933 | 11 000 | 1 500 | 120 000 | 4 900 |
| 50 | Нигер | 26 159 867 | 614 | 7 848 | 4 044 707 | 24 997 | 20 000 | 2 900 | 34 000 | 1 100 |
| 51 | Нигерия | 227 882 949 | 86 181 | 113 941 | 21 325 186 | 193 512 | 479 000 | 88 000 | 0 | 0 |
| 52 | Сенегал | 17 763 163 | 2 188 | 12 434 | 536 850 | 4 375 | 19 000 | 2 600 | 42 000 | 1 000 |
| 53 | Сьерра-Леоне | 8 549 189 | 366 | 3 420 | 1 953 902 | 8 314 | 25 000 | 2 500 | 77 000 | 2 300 |
| 54 | Того | 9 399 356 | 730 | 5 640 | 996 364 | 3 715 | 2 800 | 80 | 110 000 | 2 400 |

Таблица 2

Корреляционная матрица

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Численность населения | Численность врачей | Число больничных коек | Количество подтверждённых случаев заболеваний малярией | Смертность от малярии | Количество подтверждённых случаев заболеваний туберкулёзом | Смертность от туберкулёза | Количество подтверждённых случаев заболеваний ВИЧ | Смертность от ВИЧ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Численность населения | 1 | 0,778 | 0,759 | 0,611 | 0,790 | 0,847 | 0,853 | 0,192 | 0,211 |
| Численность врачей | 0,778 | 1 | 0,817 | 0,306 | 0,544 | 0,598 | 0,609 | 0,232 | 0,083 |
| Число больничных коек | 0,759 | 0,817 | 1 | 0,364 | 0,449 | 0,712 | 0,602 | 0,562 | 0,451 |
| Количество подтверждённых случаев заболеваний малярией | 0,611 | 0,306 | 0,364 | 1 | 0,763 | 0,702 | 0,653 | 0,074 | 0,255 |
| Смертность от малярии | 0,790 | 0,544 | 0,449 | 0,763 | 1 | 0,818 | 0,916 | -0,034 | 0,002 |
| Количество подтверждённых случаев заболеваний туберкулёзом | 0,847 | 0,598 | 0,712 | 0,702 | 0,818 | 1 | 0,932 | 0,453 | 0,446 |
| Смертность от туберкулёза | 0,853 | 0,609 | 0,602 | 0,653 | 0,916 | 0,932 | 1 | 0,188 | 0,175 |
| Количество подтверждённых случаев заболеваний ВИЧ | 0,195 | 0,232 | 0,562 | 0,074 | -0,034 | 0,453 | 0,188 | 1 | 0,848 |
| Смертность от ВИЧ | 0,215 | 0,083 | 0,451 | 0,255 | 0,002 | 0,446 | 0,175 | 0,848 | 1 |

Расчёт коэффициентов парной корреляции выполнен по формуле Пирсона:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (1) |

где и – средние значения переменных *X* и *Y*.

Вычисление коэффициентов парной корреляции, представленных в   
табл. 2, осуществлено с использованием возможностей программного продукта MS Excel. Для этих целей в программе предусмотрена встроенная функция КОРРЕЛ, которая возвращает коэффициент корреляции между двумя множествами данных. Формат записи – КОРРЕЛ (массив 1, массив 2).

Анализируя данные, полученные из табл. 2, можно сделать следующие выводы [14, 15]:

1. Наибольшая корреляция наблюдается между смертностью от малярии и смертностью от туберкулёза, а наименьшая – между смертностью от малярии и смертностью от ВИЧ. Более того, количество подтверждённых случаев заболеваний ВИЧ и вовсе оказывает отрицательное влияние на смертность от малярии (коэффициент парной корреляции Пирсона равен  
-0,034).

2. Практически все факторные признаки не коррелируют между собой, так как значения коэффициентов парной корреляции между ними меньше 0,85. Исключение составляют смертность от туберкулёза и количество подтверждённых случаев заболеваний туберкулёзом, а также смертность от ВИЧ и количество подтверждённых случаев заболеваний ВИЧ с коэффициентами парной корреляции 0,932 и 0,848 соответственно.

Таким образом, опираясь на результаты проведённого анализа, в данной работе для построения эконометрической модели управления инфекционными заболеваниями в странах Африки, а именно смертностью от малярии (М), предложено шестифакторное степенное уравнение регрессии вида:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

где *Х*1 – численность населения; *Х*2 – численность врачей; *Х*3 – число больничных коек; *Х*4 – количество подтверждённых случаев заболеваний малярией; *Х*5 – смертность от туберкулёза; *Х*6 – смертность от ВИЧ; *аi* (*i* = 1, 2,…,6) – показатель степени при численных значениях фактора – коэффициент регрессии, отражающий степень влияния фактора на функцию; *К* – постоянный отраслевой коэффициент, в определённой мере характеризующий степень влияния не вошедших в формулу показателей.

Зависимость (2) представляет собой эконометрическую модель, которая связывает смертность от малярии со значениями влияющих факторов. Таким образом, численность населения, численность врачей, число больничных коек, количество подтверждённых случаев заболеваний малярией, смертность от туберкулёза и смертность от ВИЧ выступают в данной эконометрической модели в роли факторных признаков, а смертность от малярии представляет собой значение результативного признака.

Для построения уравнения регрессии удобно использовать встроенный инструментарий программного продукта MS Excel, а именно встроенную функцию ЛИНЕЙН. Данная функция позволяет выполнять статистические расчёты для ряда с применением метода наименьших квадратов. Она вычисляет прямую линию, наилучшим образом аппроксимирующую имеющиеся данные, и затем возвращает массив, который описывает полученную прямую. Можно также объединять ЛИНЕЙН с другими функциями для вычисления других видов моделей, являющихся линейными в неизвестных параметрах (неизвестные параметры которых являются линейными), включая полиномиальные, логарифмические, экспоненциальные и степенные ряды. Поскольку возвращается массив значений, функция должна задаваться в виде формулы массива.

Так как встроенная функция ЛИНЕЙН позволяет осуществлять расчёты только для линейных зависимостей, преобразуем путём логарифмирования выражение (2) в следующий линейный вид:

|  |  |
| --- | --- |
| . | (3) |

В MS Excel для получения регрессионной зависимости следует установить курсор на свободную ячейку листа, в выделенной ячейке ввести формулу =ЛИНЕЙН (известные значения *y*, известные значения *х*, Конст., Статистика), выделить диапазон данных для анализа: известные значения *у* – смертность от малярии (столбец 7 в табл. 1), известные значения *х* – численность населения, численность врачей, число больничных коек, количество подтверждённых случаев заболеваний малярией, смертность от туберкулёза и смертность от ВИЧ (столбцы 3-6, 9 и 11 в табл. 1).

В поле Конст устанавливаем значение 1 – это означает, что в  
выражении (3) свободный член ln K ≠ 0, т.е. константа ln K вычисляется обычным способом. В поле Статистика устанавливаем значение 0, что указывает на отсутствие необходимости возврата функцией дополнительной регрессионной статистики. В силу того, что функция ЛИНЕЙН возвращает массив значений, для вывода результатов статистической обработки данных следует использовать специальные встроенные инструменты MS Excel для работы с массивами данных, например, функцию ИНДЕКС. Она возвращает значение элемента таблицы или массива, заданного номером строки и номером столбца. Формат записи – ИНДЕКС (массив, номер строки, номер столбца).

В результате применения функции ЛИНЕЙН к исходным данным, представленным в табл. 1, получили: *а*1 = 1,07, *а*2 = -0,59, *а*3 = -0,16, *а*4 = 0,57, *а*5 = 0,01, *а*6 = -0,13, ln K = -10,42, откуда *K* = е-10,42 = 0,00003. Таким образом, уравнение регрессии, описывающее зависимость смертности от малярии (М) от численности населения (*Х*1), численности врачей (*X*2), числа больничных коек (*X*3), количества подтверждённых случаев заболеваний малярией (*X*4), смертности от туберкулёза (*X*5) и смертности от ВИЧ (*Х*6), имеет вид [14, 15]:

|  |  |
| --- | --- |
| . | (4) |

**Анализ полученных результатов:**

Следует отметить, что по сравнению с определением смертности от малярии, основанном на нормативном подходе, предлагаемый метод обладает рядом преимуществ [14, 15].

1. Во-первых, как показал анализ корреляционной матрицы (см. табл. 2), наибольшая корреляция наблюдается между смертностью от малярии и смертностью от туберкулёза, а наименьшая – между смертностью от малярии и смертностью от ВИЧ. Более того, количество подтверждённых случаев заболеваний ВИЧ и вовсе оказывает отрицательное влияние на смертность от малярии (коэффициент парной корреляции Пирсона равен -0,034).
2. Во-вторых, модель может быть дополнена факторами-аргументами, учитывающими такие аспекты деятельности системы здравоохранения, как уровень развития экономики, уровень валового внутреннего продукта, площадь обслуживаемой территории, степень развития инфраструктуры региона, количественные показатели деятельности здравоохранения, характерные для работы в конкретной местности, и т.д., что способствует более точной оценке смертности от инфекционных заболеваний, а также более полному анализу влияния локальных факторов на неё.
3. В-третьих, предлагаемый инструментарий даёт возможность отслеживать изменения количественных значений входных параметров модели, осуществлять постоянный мониторинг ситуации и обеспечивать руководителей системы здравоохранения своевременной и достоверной информацией для принятия управленческих решений.
4. В-четвёртых, модель позволяет привязывать значения влияющих на конечный результат факторов к показателям труда медицинского персонала и тем самым стимулировать коллектив к повышению эффективности труда. Например, число больничных коек, приходящихся на одного врача, может быть привязано к заработной плате, в частности, к стимулирующей её части (премии, надбавки и другие выплаты стимулирующего характера).

**Литература**

1. Сафронова Т.А. Системы здравоохранения и лекарственного обеспечения некоторых зарубежных государств / Т.А. Сафронова,  
   Т.А. Дорофеева // Рецепт. 2001. № 4. С. 19-26.
2. Denysiuk, Olga & Kushal, Iryna & Pchelynska, Hanna. 2024. Socio-economic aspects of sustainable development of the regional healthcare system. *Baltic Journal of Economic Studies*. 10. 96-102. 10.30525/2256-0742/2024-10-2-96-102.
3. Melnyk, Mykola & Blyzniukov, Andrii & Kolomiiets, Svitlana & Dinits, Ruslan. 2024. Socio-economic determinants of public healthcare. *Health Economics and Management Review*. 5. 32-47. 10.61093/hem.2024.1-03.
4. Srivastava, Harshit & Mujoo, Rachna & Singh, Sanjay & Singh, VijayLakshmi. 2023. Social and economic infrastructure and socio-economic development: an empirical analysis. *Access Journal - Access to Science, Business, Innovation in the digital economy*. 4. 335-351. 10.46656/access.2023.4.3(1).
5. Baca, Manuel. 2022. Health or medical care system?: matters in efficiency. *International Journal of Family & Community Medicine*. 6. 62-66. 10.15406/ijfcm.2022.06.00266.
6. Shalko, Myroslava & Andriushchenko, Anhelina. 2024. Analysis of the structure and efficiency of national health care systems. International. *Journal of Public Health Science (IJPHS)*. 13. 1442. 10.11591/ijphs.v13i3.23731.
7. Пузин С.Н., Сертакова О.В., Голышко П.В., Дудин М.Н. Совершенствование организации медицинской помощи населению в условиях цифровизации общественного здравоохранения // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2022. № 4, Том 30. С. 639-647. 10.32687/0869-866X-2022-30-4-639-647
8. Максимова Л.В., Омельяновский В.В., Сура М.В. Анализ систем здравоохранения ведущих зарубежных стран // Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2014. № 1(15). С. 37-45.
9. Enert, A. & Dadeko, S. & Kuznetsova, T. 2024. A Competition among Medical Organizations Using Simulation Technologies Is an Effective Form of Auditing the Level of Proficiency in Providing Emergency and Emergency Care to Children. *Virtual Technologies in Medicine*. 298. 10.46594/2687-0037\_2024\_3\_1961.
10. Карпов О.Э., Махнев Д.А. Модели системы здравоохранения разных государств и общие проблемы сферы охраны здоровья населения // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2017. № 3, Том 12. С. 92-100.
11. Podra, Olha & Petryshyn, Nataliia. 2023. Development of enterprise management strategy based on system and functional approaches. 10.46299/ISG.2023.MONO.ECON.2.7.2.
12. Гришина Н.В. Здравоохранение в Гвинее. Сб. статей. М., 2019. С. 205-214.
13. Костырин Е.В., Луа М.П. Сравнительный анализ систем здравоохранения Республики Гвинея и Французской Республики // Финансовая аналитика: проблемы, решения. 2024. № 2, Том 18. С. 56-73.
14. Костырин Е.В. Планирование численности персонала лечебно-профилактического учреждения на основе степенного уравнения регрессии // Экономика и управление: проблемы, решения. 2013. № 7. С. 68-80.
15. Костырин Е.В. Прогнозирование результатов деятельности и оценка стоимости стоматологической клиники // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. № 9, Том. 3. С. 80-90.
16. Международная статистическая база statbase [Электронный ресурс]. URL: // https: statbase.ru (дата обращения 25.02.2025 г.).

**References**

* 1. Safronova T.A. Healthcare and drug supply systems of some foreign countries / T.A. Safronova, T.A. Dorofeeva // Recipe. 2001. No. 4, pp. 19-26.
  2. Denysiuk, Olga & Kushal, Iryna & Pchelynska, Hanna. 2024. Socio-economic aspects of sustainable development of the regional healthcare system. Baltic Journal of Economic Studies. 10. 96-102. 10.30525/2256-0742/2024-10-2-96-102.
  3. Melnyk, Mykola & Blyzniukov, Andrii & Kolomiiets, Svitlana & Dinits, Ruslan. 2024. Socio-economic determinants of public healthcare. Health Economics and Management Review. 5. 32-47. 10.61093/hem.2024.1-03.
  4. Srivastava, Harshit & Mujoo, Rachna & Singh, Sanjay & Singh, VijayLakshmi. 2023. Social and economic infrastructure and socio-economic development: an empirical analysis. Access Journal - Access to Science, Business, Innovation in the digital economy. 4. 335-351. 10.46656/access.2023.4.3(1).
  5. Baca, Manuel. 2022. Health or medical care system?: matters in efficiency. International Journal of Family & Community Medicine. 6. 62-66. 10.15406/ijfcm.2022.06.00266.
  6. Shalko, Myroslava & Andriushchenko, Anhelina. 2024. Analysis of the structure and efficiency of national health care systems. International. Journal of Public Health Science (IJPHS). 13. 1442. 10.11591/ijphs.v13i3.23731.
  7. Puzin S.N., Sertakova O.V., Golyshko P.V., Dudin M.N. Improving the organization of medical care for the population in the context of digitalization of public health // Problems of social hygiene, public health and the history of medicine. 2022. No. 4, Volume 30, pp. 639-647. 10.32687/0869-866X-2022-30-4-639-647
  8. Maksimova L.V., Omelyanovsky V.V., Sura M.V. Analysis of healthcare systems in leading foreign countries // Medical technologies. Assessment and choice. 2014. No. 1(15). pp. 37-45.
  9. Enert, A. & Dadeko, S. & Kuznetsova, T. 2024. A Competition among Medical Organizations Using Simulation Technologies Is an Effective Form of Auditing the Level of Proficiency in Providing Emergency and Emergency Care to Children. Virtual Technologies in Medicine. 298. 10.46594/2687-0037\_2024\_3\_1961.
  10. Karpov O.E., Makhnev D.A. Models of the healthcare system of different states and general problems of public health protection // Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov. 2017. No. 3, Volume 12,  
      pp. 92-100.
  11. Podra, Olha & Petryshyn, Nataliia. 2023. Development of enterprise management strategy based on system and functional approaches. 10.46299/ISG.2023.MONO.ECON.2.7.2.
  12. Grishina N.V. Healthcare in Guinea. Collection of articles. Moscow, 2019, pp. 205-214.
  13. Kostyrin E.V., Lua M.P. Comparative analysis of the healthcare systems of the Republic of Guinea and the French Republic // Financial analytics: problems, solutions. 2024. No. 2, Volume 18, pp. 56-73.
  14. Kostyrin E.V. Planning the number of staff in a medical and preventive institution based on a power-law regression equation // Economics and management: problems, solutions. 2013. No. 7, pp. 68-80.
  15. Kostyrin E.V. Forecasting the results of activities and estimating the cost of a dental clinic // Economics and management: problems, solutions. 2017. No. 9, Vol. 3. Pp. 80-90. 16. International statistical database statbase [Electronic resource]. URL: // https: statbase.ru (accessed 25.02.2025).