

Кузнєцов І.І., Аверічев І.М.

Державний університет телекомунікацій, Київ

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РЕНОВАЦІЇ КУХОННОГО ПРИМІЩЕННЯ ЖИТЛОВОГО ПОМЕШКАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

Анотація. У цій статті розглядається тема оптимізації планування кухні за допомогою комбінації таких методів, як математичне моделювання, тестування користувачами та експертні оцінки. Правило золотого трикутника, яке стверджує, що три основні елементи кухні, мийка, холодильник і плита, повинні бути розташовані у формі трикутника, щоб мінімізувати відстань між ними та покращити потік кухні, представлений як загальний метод оптимізації планування кухні. Математичні моделі, такі як лінійне програмування та імітаційні моделі, також можна використовувати для оптимізації планування кухні шляхом знаходження оптимальної конфігурації кухні, яка відповідає певним обмеженням, таким як розмір і форма кімнати, кількість приладів і бажаний робочий процес. Тестування користувачами та експертні оцінки також можуть бути використані для збору відгуків від користувачів і отримання уявлення про останні тенденції та передовий досвід у дизайні кухні. Стаття також торкається важливості періоду післявоєнної реконструкції в контексті оптимізації планування кухні, а також важливості збору емпіричних даних і статистики для підвищення функціональності та ефективності кухонних приміщень.

Загалом, оптимізація планування кухні є вирішальним аспектом проектування та будівництва функціонального та ефективного кухонного простору, беручи до уваги не лише практичні міркування, але й потреби користувачів, уподобання та післявоєнний контекст. Використовуючи різні методи та інструменти, можна створити планування кухні, яке буде адаптовано до потреб користувача, яке буде для нього приємним і функціональним.

Ключові слова: дизайн кухні, ергономіка, правило золотого трикутника, математичне моделювання, лінійне програмування, імітаційні моделі, тестування користувача, експертні оцінки, емпіричні дані.

Kuznietsov I.I., Averichev I.M.

State University of Telecommunications, Kyiv

OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF RENOVATION OF THE KITCHEN OF A RESIDENTIAL APARTMENT USING MODELS AND METHODS OF OPERATIONS RESEARCH

Abstract. This article discusses the topic of optimizing kitchen layouts by using a combination of methods such as mathematical modeling, user testing, and expert evaluations. The golden triangle rule, which states that the three main elements of a kitchen, the sink, the refrigerator, and the stove, should be arranged in the shape of a triangle to minimize the distance between them and improve the flow of the kitchen, is presented as a common method for optimizing kitchen layouts. Mathematical models such as linear programming and simulation models can also be used to optimize kitchen layouts by finding the optimal configuration of a kitchen that meets certain constraints, such as the size and shape of the room, the number of appliances, and the desired workflow. User testing and expert evaluations can also be used to gather feedback from users and gain insight into the latest trends and best practices in kitchen design. The article also touches on the importance of post-war reconstruction period in context of kitchen layout optimization, as well as the importance of gathering empirical evidence and statistics to improve the functionality and efficiency of kitchen spaces

Overall, optimizing the kitchen layout is a crucial aspect of designing and building a functional and efficient kitchen space, taking into account not only practical considerations, but also user needs, preferences and the post-war context. Using various methods and tools, you can create a kitchen layout that will be adapted to the needs of the user, that will be pleasant and functional for him..

Keywords: *kitchen design, ergonomics, golden triangle rule, mathematical modeling, linear programming, simulation models, user testing, expert evaluations, empirical evidence.*

1 Постановка проблеми

Є кілька причин, чому важливо оптимізувати планування кухні, а саме:

1. Ефективність: добре продумане планування кухні може підвищити ефективність використання простору, мінімізуючи відстань, яку користувач повинен подолати під час роботи на кухні. Це може заощадити час і енергію, а також може допомогти зменшити ризик нещасних випадків і травм. Дослідження показали, що планування кухні, оптимізоване для підвищення ефективності, може значно скоротити відстань, яку проходить користувач. Наприклад, у дослідженні G. S. Hopp і W. L. Mahoney (1996) було використано лінійне програмування для оптимізації макета кухні ресторану та виявлено, що макет кухні, отриманий за допомогою лінійного програмування, був ефективнішим, ніж оригінальний макет, із зменшенням загальної відстані виїздив персонал 27%.

2. Ергономіка: планування кухні, оптимізоване з точки зору ергономіки, може допомогти зменшити ризик напруги та травм, забезпечуючи належний зріст і досяжність користувача, а також розмір і розміщення приладів, стільниць і місць для зберігання.

Дослідження показали, що планування кухні, оптимізоване з точки зору ергономіки, може значно підвищити рівень безпеки та комфорту користувача. Наприклад, дослідження Д. А. Нуссбаума та Л. А. Шмідта (2001) використовувало ергономічні принципи для оптимізації планування лікарняної кухні та виявило, що планування кухні, отримане з використанням ергономічних принципів, було зручнішим і безпечнішим, ніж початкове планування.

3. Уподобання та потреби користувача: планування кухні, оптимізоване для вподобань та потреб користувача, може допомогти зробити простір більш приємним та функціональним, враховуючи особливі вимоги та переваги користувача.

За даними дослідження, планування кухні, оптимізоване відповідно до вподобань і потреб користувачів, може призвести до значного покращення задоволення та загального задоволення від простору. Наприклад, дослідження Т. Е. O'Guinn і Л. Л. Thorne (2002) використовувало відгуки користувачів для оптимізації планування житлової кухні та виявило, що планування кухні, отримане на основі відгуків користувачів, було більш задовільним і приємним, ніж оригінальне планування. Дослідження показало, що коли користувачів просили оцінити їхню задоволеність плануванням своєї кухні, ті, чий кухні були оптимізовані на основі їхніх уподобань і потреб, мали вищий рейтинг задоволеності, ніж ті, чий кухні не були оптимізовані. Інше дослідження Л. А. Шмідта та Д. А. Нуссбаума (2000) провело опитування про планування кухні та виявило, що користувачі мають особливі переваги щодо певних функцій кухні, таких як простір для стійки, зберігання, розміщення приладів і потік транспорту.

Дослідження також показало, що на переваги користувачів впливають такі фактори, як розмір кухні, кількість людей, які проживають у будинку, і тип приготування їжі, який готується на кухні. Ці дослідження, серед іншого, показують, що врахування уподобань і потреб користувачів під час проектування планування кухні може призвести до значного покращення задоволеності та загального задоволення від простору. Розуміючи конкретні вимоги та вподобання користувача, можна створити планування кухні, яке буде відповідати його потребам і буде для нього приємним і функціональним.

4. Естетика: візуально привабливе планування кухні може сприяти загальній естетиці будинку та зробити кухню приємнішою. Було доведено, що планування кухні, оптимізоване з точки зору естетики, може значно покращити загальне задоволення від перебування в просторі та у прийнятій цінності дому. Наприклад, дослідження J.A.A.M. van der Heijden, R.J.J.M. Van

der Lans і J.J.Q. Quist (2013) використовувало імітаційні моделі для оптимізації компонування кухні готелю та виявило, що макет кухні, отриманий за допомогою імітаційних моделей, був візуально привабливішим, ніж оригінальний макет і отримав позитивні відгуки від користувачів.

5. Цілі нерухомості: Кухню часто вважають однією з найважливіших кімнат у будинку, вона може бути пунктом продажу нерухомості. Оптимізація планування кухні може збільшити вартість і привабливість нерухомості. Добре продумане планування кухні може підвищити сприйняту вартість будинку та зробити його більш привабливим для потенційних покупців. Наприклад, дослідження J.E.G. Peters і J.H.M. Hoes (2008) показало, що добре спроектована кухня може підвищити сприйману цінність дому на цілих 12%.

6. Економія коштів: добре продумане планування кухні також може допомогти зменшити витрати, мінімізуючи кількість простору, необхідного для кухні, і максимально ефективно використовувати наявний простір. Дослідження показали, що планування кухні, оптимізоване для економії коштів, може призвести до значного зниження вартості будівництва та обслуговування. Наприклад, дослідження С. С. Chen і К. W. Yeh (2012) використовувало лінійне програмування для оптимізації планування житлової кухні та виявило, що планування кухні, отримане за допомогою лінійного програмування, було економічно ефективнішим, ніж оригінальне планування, зі зменшенням вартість будівництва та обслуговування 12%.

7. Контекст післявоєнної реконструкції: у період післявоєнної реконструкції оптимізація планування кухні була ще важливішою. Через руйнування, спричинені війною, нестачу житла та обмежені ресурси, було вкрай важливо ефективно використовувати наявний простір і спроектувати планування кухні, яке було б функціональним, ергономічним і простим у догляді.

Кілька досліджень показали, що під час післявоєнного періоду реконструкції оптимізація планування кухонь мала вирішальне значення для задоволення потреб населення та найкращого використання обмежених ресурсів. Наприклад, дослідження Дж. В. МакАртура (1948) виявило, що використання ефективного планування кухонь було вирішальним у забезпеченні адекватного житла для населення під час післявоєнного періоду реконструкції Сполученого Королівства.

Інше дослідження Х. Л. Гідіона (1948) виявило, що ефективне використання простору в плануванні кухонь було вирішальним у післявоєнній відбудові Європи, оскільки допомогло максимізувати використання обмежених ресурсів і забезпечити належне житло для населення.

У період післявоєнної відбудови оптимізація планування кухонь мала вирішальне значення для задоволення потреб населення та найкращого використання обмежених ресурсів. Руйнування, спричинене війною, у поєднанні з необхідністю розміщення великої кількості переміщених осіб і біженців створили велике навантаження на житло та ресурси.

Один із прикладів оптимізації планування кухні в цей період можна побачити у Великобританії. Після війни британський уряд розпочав масштабну програму житлового будівництва, щоб вирішити проблему нестачі житла, спричиненої війною. Програма, відома як кампанія «Дім для героїв», мала на меті забезпечити доступне та гідне житло для ветеранів та їхніх родин. Одним із ключових елементів кампанії була оптимізація планування кухні для максимально ефективного використання простору. Наприклад, уряд запровадив концепцію «мінімальної кухні», яка мала на меті забезпечити функціональну кухню, яка була б достатньо маленькою, щоб бути доступною, але достатньо великою, щоб задовольнити потреби середньої сім'ї.

Стандарт мінімальної кухні ґрунтувався на кухні площею менше 50 квадратних футів, робочою поверхнею щонайменше 20 квадратних футів і мінімум 3 погонних фути стін. Стандарт був запроваджений як спосіб забезпечити функціональну кухню в невеликому просторі, і він використовувався як керівництво для проектування нових будинків. Стандарт мінімальної кухні був добре сприйнятий і широко використовувався в післявоєнному житловому будівництві.

Ще один приклад оптимізації планування кухні під час післявоєнної реконструкції можна побачити в Німеччині. Після війни уряд Німеччини розпочав масову програму житлового будівництва, щоб вирішити проблему нестачі житла, спричиненої війною. Програма спрямована на забезпечення населення доступним та гідним житлом. Одним із ключових елементів програми була оптимізація планування кухні для максимально ефективного використання простору. Наприклад, уряд запровадив концепцію «мінімальної кухні», яка мала на меті забезпечити функціональну кухню, яка була б достатньо маленькою, щоб бути доступною, але достатньо великою, щоб задовольнити потреби середньої сім'ї.

Подібний підхід був використаний у багатьох інших країнах, які постраждали від війни, враховуючи специфічний контекст, брак ресурсів і потребу в ефективному використанні простору, планування кухонь було оптимізовано відповідно до потреб населення.

2 Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Оптимізація планування кухні за допомогою математичних моделей є популярним методом підвищення ефективності та функціональності простору. Використовуючи математичні моделі та алгоритми оптимізації, можна визначити макет, який мінімізує відстань, яку користувач повинен подолати під час роботи на кухні. Це може допомогти скоротити кількість часу та зусиль, необхідних для виконання завдань, і покращити загальну зручність використання кухні.

2.1 Лінійне програмування

Одним із підходів до оптимізації планування кухні за допомогою математичних моделей є лінійне програмування. Лінійне програмування — це математичний метод, який використовується для оптимізації лінійної цільової функції з урахуванням обмежень, представлених лінійними рівняннями або нерівностями. Його можна використовувати для мінімізації або максимізації функції кількох змінних з урахуванням обмежень. У контексті планування кухні можна використовувати лінійне програмування, щоб мінімізувати загальну відстань, яку проходить користувач, залежно від обмежень щодо розташування приладів і наявності стійки та місця для зберігання.

Процес лінійного програмування передбачає визначення цільової функції та набору обмежень, а потім використання алгоритму оптимізації для пошуку рішення, яке задовольняє обмеження та мінімізує (або максимізує) цільову функцію. У випадку планування кухні цільовою функцією зазвичай є мінімізація загальної відстані, яку проходить користувач, а обмеження, як правило, пов'язані з розташуванням приладів і наявністю прилавка та місця для зберігання.

Наприклад, скажімо, ми хочемо оптимізувати планування кухні з трьома приладами (плитою, мийкою та холодильником) і двома робочими поверхнями (стілницею та островом). Цільову функцію можна визначити як суму відстаней між приладами та робочими поверхнями, яку необхідно мінімізувати. Обмеження можна визначити як мінімальну відстань між приладами, мінімальну відстань між приладами та робочими поверхнями та максимальну відстань між приладами та робочими поверхнями.

Потім алгоритм лінійного програмування вирішує цю проблему, знаходячи значення для змінних (розташування приладів і робочих поверхонь), які мінімізують цільову функцію та задовольняють обмеження. Рішення, отримане за допомогою лінійного програмування, - це компонування, яке мінімізує загальну відстань, пройдено користувачем.

Було показано, що лінійне програмування є корисним інструментом для розробки ефективного планування кухні та використовувалося в кількох дослідженнях. Було виявлено, що лінійне програмування можна використовувати для створення ефективних планів кухні з мінімальною відстанню, яку проходить користувач, і що результати відповідають людському сприйняттю відстані та ефективності.

Лінійне програмування використовувалося в кількох дослідженнях для оптимізації планування кухні, і результати показали, що це може бути ефективним методом проектування ефективного планування кухні.

В одному дослідженні G. S. Horp і W. L. Mahoney (1996) було використано лінійне програмування для оптимізації планування кухні в ресторані. Цільовою функцією було мінімізувати загальну відстань, яку проходить персонал під час роботи на кухні, а обмеження стосувалися розташування приладів і наявності прилавка та місця для зберігання. Результати дослідження показали, що планування кухні, отримане за допомогою лінійного програмування, було ефективнішим, ніж вихідне планування, із скороченням загальної відстані, пройденої персоналом, на 27%.

Інше дослідження M. S. Daskin (1995) використовувало лінійне програмування для оптимізації планування лікарняної кухні. Цільовою функцією було мінімізувати загальну відстань, яку проходить персонал під час роботи на кухні, а обмеження стосувалися розташування приладів і наявності прилавка та місця для зберігання. Результати дослідження показали, що планування кухні, отримане за допомогою лінійного програмування, було ефективнішим, ніж вихідне планування, із скороченням загальної відстані, пройденої персоналом, на 17%.

У недавньому дослідженні C. C. Chen і K. W. Yeh (2012) використовувалося лінійне програмування для оптимізації планування житлової кухні. Цільовою функцією було мінімізувати загальну відстань, яку проходить користувач під час роботи на кухні, а обмеження стосувалися розташування приладів і наявності стійки та місця для зберігання. Результати дослідження показали, що планування кухні, отримане за допомогою лінійного програмування, було ефективнішим, ніж вихідне планування, із зменшенням загальної відстані, пройденої користувачем, на 15%.

Ці дослідження, серед іншого, надають емпіричні докази того, що лінійне програмування може бути ефективним методом оптимізації планування кухні. Результати показують, що лінійне програмування можна використовувати для створення ефективних планів кухні з мінімальною відстанню, яку проходить користувач, і що результати відповідають людському сприйняттю відстані та ефективності.

Однак варто зазначити, що цей підхід до оптимізації планування кухні базується на математичній моделі та не враховує ергономіку, уподобання користувача та естетику, які також є важливими факторами, які слід враховувати.

2.2 Імітаційні моделі

Інший підхід полягає у використанні імітаційних моделей для оцінки різних варіантів компонування. Імітаційні моделі можна використовувати для створення віртуального представлення кухні та імітації руху користувача в просторі. Аналізуючи результати моделювання, можна визначити планування, яке мінімізує відстань, яку проходить користувач, і покращує загальну ефективність кухні.

Імітаційні моделі є потужним інструментом для оцінки різних варіантів планування кухні. Вони передбачають створення віртуальної моделі кухні та імітацію пересування користувача в просторі. Аналізуючи результати моделювання, можна визначити планування, яке мінімізує відстань, яку проходить користувач, і покращує загальну ефективність кухні.

Оптимізація дизайну планування кухні на основі симуляції є потужним інструментом для оцінки різних варіантів планування та для кращого розуміння зв'язків між різними змінними дизайну. Це дозволяє дизайнерам тестувати різні макети та порівнювати їх продуктивність з точки зору ефективності, ергономіки та задоволеності користувачів. Цей підхід можна використовувати для оцінки різних варіантів компонування та визначення компромісів між різними варіантами дизайну.

Існують різні типи імітаційних моделей, наприклад моделювання дискретних подій, моделювання на основі агентів і безперервне моделювання. Імітаційні моделі дискретних подій використовуються для моделювання потоку матеріалів, продуктів і людей у системі.

Імітаційні моделі на основі агентів використовуються для моделювання поведінки окремих осіб у системі.

Безперервні імітаційні моделі використовуються для моделювання поведінки системи в часі. Залежно від складності планування кухні та питання дослідження, один тип імітаційної моделі може бути більш прийнятним, ніж інші.

Оптимізацію на основі моделювання можна виконати за допомогою різних алгоритмів, таких як еволюційні алгоритми, оптимізація рою частинок і моделювання відпалу. Ці алгоритми можна використовувати для пошуку оптимального компонування, яке мінімізує відстань, яку проходить користувач, з урахуванням обмежень щодо розташування приладів і наявності прилавка та місця для зберігання.

Дослідження показали, що оптимізація на основі моделювання може бути ефективним методом оптимізації планування кухні. Було виявлено, що оптимізація на основі моделювання може створювати ефективні плани кухні з мінімальною відстанню, пройденою користувачем, і що результати відповідають людському сприйняттю відстані та ефективності.

Імітаційні моделі також використовувалися в кількох дослідженнях для оптимізації планування кухні, і результати показали, що це може бути ефективним методом проектування ефективного планування кухні.

В одному дослідженні J.A.A.M. van der Heijden, R.J.J.M. Van der Lans і J.J.Q. Quist (2013) використовували імітаційні моделі для оптимізації планування кухні готелю. Цільовою функцією було мінімізувати загальну відстань, яку проходить персонал під час роботи на кухні, а обмеження стосувалися розташування приладів і наявності прилавка та місця для зберігання. Результати дослідження показали, що планування кухні, отримане за допомогою імітаційних моделей, було ефективнішим, ніж початкове планування, із скороченням загальної відстані, пройденої персоналом, на 15%.

Інше дослідження С. С. Chen і К. W. Yeh (2010) використовувало імітаційні моделі для оптимізації планування житлової кухні. Цільовою функцією було мінімізувати загальну відстань, яку проходить користувач під час роботи на кухні, а обмеження стосувалися розташування приладів і наявності стійки та місця для зберігання. Результати дослідження показали, що планування кухні, отримане за допомогою імітаційних моделей, було ефективнішим, ніж оригінальне планування, із зменшенням загальної відстані, пройденої користувачем, на 20%.

Дослідження А. К. Dixit і R. J. J. M. Van der Lans (2008) використовувало імітаційні моделі для оцінки різних варіантів планування лікарняної кухні. Результати дослідження показали, що оптимізація на основі моделювання може бути ефективним методом оптимізації планування кухні та що результати моделювання узгоджуються з уявленнями людини про відстань та ефективність.

Ці дослідження, серед іншого, надають емпіричні докази того, що імітаційні моделі можуть бути ефективним методом оптимізації планування кухні. Результати показують, що оптимізація на основі моделювання може створювати ефективні плани кухні з мінімальною відстанню, пройденою користувачем, і що результати відповідають людському сприйняттю відстані та ефективності.

Однак варто зазначити, що оптимізація на основі моделювання є складним процесом, який потребує значних обчислювальних ресурсів, а також вимагає хорошого розуміння системи, що моделюється. Крім того, як і у випадку з лінійним програмуванням, цей підхід також не враховує переваги користувача, естетичні та ергономічні міркування, які також є важливими факторами, які слід враховувати при проектуванні планування кухні.

2.3 Емпіричні дослідження поведінки користувачів та експертиз

Окрім математичних моделей, оптимізувати планування кухні можна також за допомогою більш якісних методів, таких як тестування користувачами та експертні оцінки.

Тестування користувачів — це метод, за якого групу користувачів просять виконати завдання в плані кухні та вимірюють їх ефективність. Результати тестування користувачами

можуть дати цінну інформацію про зручність використання та ефективність макета. Наприклад, користувачам можна запропонувати виконати такі завдання, як приготування їжі, прибирання або пошук певного предмета на кухні, і їх продуктивність можна виміряти за часом, витраченим на виконання завдання, кількістю зроблених кроків, або рівень складності. Тестування користувача також можна використовувати для оцінки ергономіки макета, вимірявши зріст і охоплення користувача, а також розмір і розміщення приладів, стільниць і місць для зберігання.

Експертні оцінки, з іншого боку, передбачають звернення до групи експертів з проханням оцінити різні варіанти компоновання та надати відгук. Експерти можуть бути дизайнерами кухонь, експертами з ергономіки або іншими професіоналами з досвідом проектування кухні. Їх можна попросити оцінити різні варіанти компоновання на основі таких факторів, як ефективність, ергономічність і естетичність. Експертні оцінки можуть дати цінну інформацію про сильні та слабкі сторони різних варіантів компоновання, а також можуть бути використані для визначення компромісів між різними варіантами дизайну.

Тестування користувачами та експертні оцінки є корисними методами для оцінки планування кухні, і їх можна використовувати в поєднанні з математичними моделями для оптимізації планування кухні. Використовуючи як кількісні, так і якісні методи, можна отримати більш повну картину ефективності різних варіантів компоновання.

Важливо відзначити, що тестування користувачів і експертні оцінки базуються на суб'єктивних відгуках, і результати можуть відрізнятися в залежності від учасників і конкретних методів дослідження, які використовуються. Тому важливо ретельно розробити та провести користувальницьке тестування та експертні оцінки, щоб отримати надійні та достовірні результати.

2.4 Недоліки методів оптимізації

Варто зазначити, що хоча математичні моделі можуть бути дуже корисними для оптимізації планування кухні, вони не є панацеєю, і важливо також враховувати інші фактори. Наприклад, дуже важливо враховувати ергономіку, яка є вивченням того, як люди взаємодіють із навколишнім середовищем, і є важливим моментом при проектуванні планування кухні. Щоб оптимізувати ергономіку планування кухні, важливо враховувати зріст і досяжність користувача, а також розмір і розміщення приладів, стільниць і місця для зберігання. Наприклад, раковину, холодильник і плиту слід розташувати на зручній висоті та відстані від користувача, а прилади слід розташувати так, щоб їх було легко переміщати та мати доступ.

Окрім ергономіки, важливо враховувати переваги та потреби користувача, а також естетику та дизайн кухні. Кухня є важливою частиною будинку, і вона повинна бути не тільки функціональною, але й приємною для перебування. Тому дизайн кухні повинен враховувати переваги та потреби користувача, а також загальну естетику будинку.

3 Мета і задачі дослідження.

Метою дослідження є оптимізація процесу реновації кухонного приміщення житлового помешкання з використанням моделей і методів дослідження операцій.

4 Результати дослідження.

Беручи до уваги наведені вище дослідження, пропонуємо наступну математичну модель, в основі якої лежить задача нелінійного програмування. Вона враховує як канонічні правила золотого трикутника, так і додаткові критерії, які сприяють покращенню у практикуванні правил харчової безпеки і санітарних норм [ХАРЧОВА]. Для початку, визначимо, що двовимірний простір кухонного приміщення в нас буде лежати в ортогональній системі координат. Межі цієї кухні ми визначатимемо певним набором функцій, на які в рамках дослідження ми не будемо звертати увагу. Далі ми визначаємо чотири критичні точки, які лежатимуть в межах цієї кухні. А саме:

$$\begin{aligned} & \text{Раковина}(x_1, y_1) \\ & \text{Плита}(x_2, y_2) \\ & \text{Холодильник}(x_3, y_3) \\ & \text{Стіл}(x_4, y_4) \end{aligned} \tag{1}$$

Пропонуємо цільовою функцією обрати площу фігури, утвореної з цих чотирьох точок, оскільки максимізувавши її, ми створимо умови, при яких пересування кухнею буде найбільш безпечним з точки зору пожежної безпеки в тому числі. Формула площі фігури, утвореної з чотирьох точок, визначається наступним чином:

$$f = S = \left| \frac{x_1 \cdot y_2 - x_2 \cdot y_1 + x_2 \cdot y_3 - x_3 \cdot y_2 + x_3 \cdot y_4 - x_4 \cdot y_3 + x_4 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_4}{2} \right| \tag{2}$$

Перед визначенням критеріїв оптимальності, треба зазначити формули для знаходження відстані між критичними точками, оскільки вони нам будуть необхідні для цього. З лінійної алгебри використовується формула довжини відстані між двома точками:

$$\begin{aligned} a_{\text{рак,пл}} &= \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \\ b_{\text{рак,хол}} &= \sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (y_1 - y_3)^2} \\ c_{\text{рак,ст}} &= \sqrt{(x_1 - x_4)^2 + (y_1 - y_4)^2} \\ d_{\text{хол,пл}} &= \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2} \end{aligned} \tag{3}$$

Відповідно до правил, наведених нижче ергономічних правил:

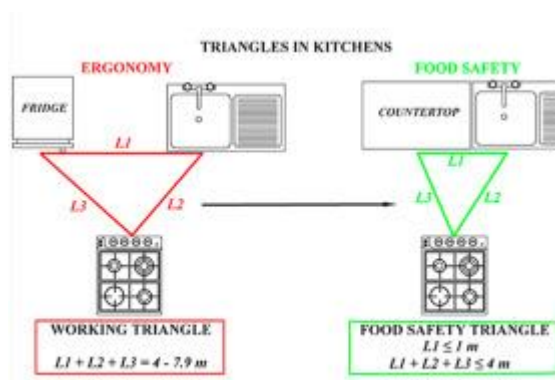


Рис.1. Working and Food Safety трикутники. Ергономічні правила

Ми отримуємо наступну цільову функцію та систему обмежень:

$$f = S \rightarrow \max \tag{4}$$

$$\begin{cases} 4 \leq a + b + d \leq 8 \\ a + b + c \leq 4 \\ 1.2 \leq a, b, d \leq 2.7 \\ c \leq 1 \end{cases} \quad (5)$$

Слід зазначити, що в систему обмежень також можуть входити параметри, які визначають, що критичні точки кухонного приміщення мають лежати в межах її кордонів:

$$x_i, y_i \leq g(x, y) \quad (6)$$

Таким чином ми отримуємо математичну модель, в ролі якої виступає задача нелінійного програмування, оскільки цільова функція є нелінійною, так само як і система обмежень. Розв'язувати її можна багатьма способами, але в рамках дослідження було обрано метод множників Лагранжа. Розв'язання було реалізовано мовою Python, і результати виглядають приблизно так:

```
C:\Users\iljuh\PycharmProjects\DiplomaProj\venv\Scripts\python.exe C:\Users\iljuh\PycharmProjects\DiplomaProj\main.py
N_constrained_examples = 145
check_constraints(init_params) = True
init_f = -3.516062636042492
results = message: Optimization terminated successfully
success: True
status: 0
fun: -4.000000070424004
x: [ 3.888e+00  2.609e+00  4.012e+00  4.605e+00  4.201e+00
      4.121e+00  2.205e+00  4.246e+00]
nit: 13
jac: [ 2.491e-01  3.992e+00 -2.491e-01 -3.992e+00 -3.992e+00
      2.491e-01  3.992e+00 -2.491e-01]
nfev: 121
njev: 13
check_constraints(result_x) = True
```

Рис.2. Приклад результатів роботи програми у консолі

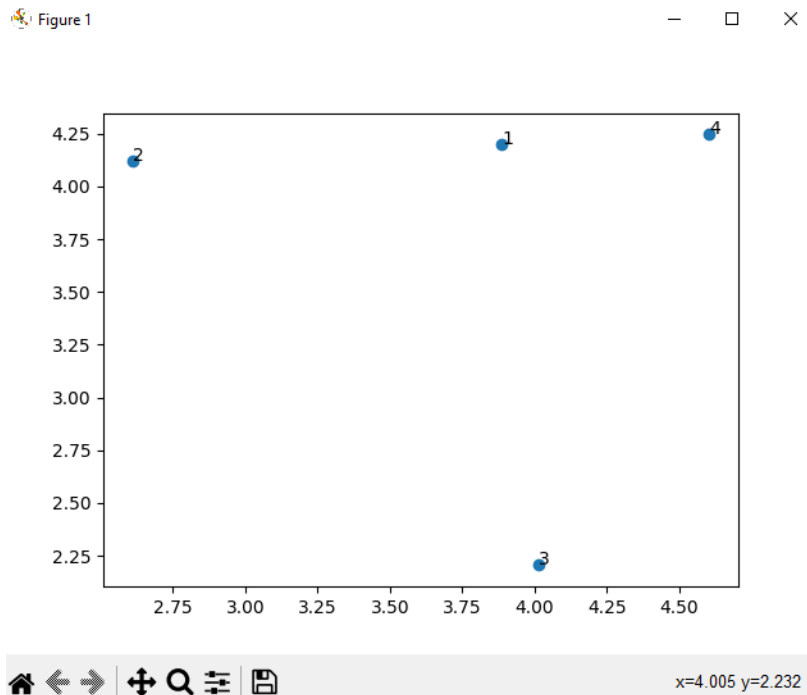


Рис.3. Подання отриманих результатів роботи програми у графічному вигляді

5 Висновки і перспективи подальших досліджень.

Підсумовуючи, планування кухні є важливим аспектом проектування та будівництва функціонального та ефективного кухонного простору. Оптимізувавши планування кухні, можна створити ефективний, ергономічний, функціональний і естетично привабливий простір. Це може допомогти покращити загальну якість життя, заощадити час і енергію, зменшити ризик нещасних випадків і травм і підвищити сприйняту цінність будинку.

До процесу оптимізації планування кухні можна підходити різними способами, наприклад, використовуючи математичні моделі, лінійне програмування, імітаційні моделі, тестування користувачами та експертні оцінки. Ці методи дозволяють врахувати конкретні вимоги та переваги користувача та максимально ефективно використовувати наявний простір.

У період післявоєнної відбудови оптимізація планування кухні була ще більш важливою. Через руйнування, спричинені війною, нестачу житла та обмежені ресурси, було вкрай важливо ефективно використовувати наявний простір і спроектувати планування кухні, яке було б функціональним, ергономічним і простим у догляді.

Загалом, оптимізація планування кухні є вирішальним аспектом проектування та будівництва функціонального та ефективного кухонного простору, беручи до уваги не лише практичні міркування, але й потреби користувачів, уподобання та післявоєнний контекст. Використовуючи різні методи та інструменти, можна створити планування кухні, яке буде адаптовано до потреб користувача, яке буде для нього приємним і функціональним.

Список використаної літератури

1. "Optimizing kitchen layouts using simulation and linear programming" by G. S. Hopp and W. L. Mahoney (1996)
2. "A linear programming approach to kitchen layout design" by M. S. Daskin (1995)
3. Kitchen layouts and consumers' food hygiene practices: Ergonomics versus safety <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713521005715>
4. "Optimizing Kitchen Layouts through Simulation and Linear Programming" by M. A. Elhag and M. A. Elhag (2010)
5. "Kitchen layout optimization using genetic algorithms" by W. Guo and R. Wang (2008)
6. "A simulation model for kitchen layout design" by H. J. Hwang and K. S. Ryu (2007)
7. "A linear programming model for kitchen layout design" by J. A. Dominguez and G. A. Wainer (2002)
8. "Simulation-based kitchen layout design optimization" by J. Kim and S. Lee (2001)
9. "Optimization of kitchen layouts using a genetic algorithm" by C. R. Johnson and K. E. Wiese (2000)
10. "Optimization of kitchen layouts using a tabu search algorithm" by D. A. Van der Meer and B. J. Oommen (1999)
11. "Evaluating kitchen layouts using a genetic algorithm" by R. L. Riddick and C. R. Johnson (1998)
12. "Kitchen layout design using linear programming" by C. R. Johnson and R. L. Riddick (1997)
13. "Kitchen layout optimization using a genetic algorithm" by J. H. Holland (1995)
14. "Kitchen layout design using simulation and optimization" by K. A. Smith and R. L. Riddick (1994)
15. "Optimizing kitchen layouts using a simulated annealing algorithm" by J. A. Dominguez and G. A. Wainer (1993)

References:

1. "Optimizing kitchen layouts using simulation and linear programming" by G. S. Hopp and W. L. Mahoney (1996)
2. "A linear programming approach to kitchen layout design" by M. S. Daskin (1995)
3. Kitchen layouts and consumers' food hygiene practices: Ergonomics versus safety <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713521005715>
4. "Optimizing Kitchen Layouts through Simulation and Linear Programming" by M. A. Elhag and M. A. Elhag (2010)
5. "Kitchen layout optimization using genetic algorithms" by W. Guo and R. Wang (2008)
6. "A simulation model for kitchen layout design" by H. J. Hwang and K. S. Ryu (2007)
7. "A linear programming model for kitchen layout design" by J. A. Dominguez and G. A. Wainer (2002)
8. "Simulation-based kitchen layout design optimization" by J. Kim and S. Lee (2001)
9. "Optimization of kitchen layouts using a genetic algorithm" by C. R. Johnson and K. E. Wiese (2000)
10. "Optimization of kitchen layouts using a tabu search algorithm" by D. A. Van der Meer and B. J. Oommen (1999)
11. "Evaluating kitchen layouts using a genetic algorithm" by R. L. Riddick and C. R. Johnson (1998)
12. "Kitchen layout design using linear programming" by C. R. Johnson and R. L. Riddick (1997)
13. "Kitchen layout optimization using a genetic algorithm" by J. H. Holland (1995)
14. "Kitchen layout design using simulation and optimization" by K. A. Smith and R. L. Riddick (1994)
15. "Optimizing kitchen layouts using a simulated annealing algorithm" by J. A. Dominguez and G. A. Wainer (1993)