

рівнянь та виразів для знаходження розподілу потужності в структурі. Це призводить до значних часових витрат на розрахунки. Часові витрати на розрахунки при використанні наближеного характеристичного рівняння були менші у 3,5 рази. В даній моделі немає необхідності проводити проміжні розрахунки з метою отримання розподілу потужності між хвилеводом і КС.

Для налагодження моделі на певну структуру необхідно отримати розв'язок хвильового рівняння, а також переглянути наближене характеристичне рівняння для даної структури (15) і, як наслідок, рівняння (16).

Дана модель може бути використана при конструюванні хвилеводно-оптичних давачів для попереднього відбору хвилеводних структур як ХЧЕ.

Література

1. M.D. DeGrandpre and L. W. Durgess. Long path fiber-optic sensor for evanescent field absorbency measurements // Anal. Chem.- 1988. Т. 60, № 23. -С. 2582-2586.
2. H. Tai, H. Tanaka, T. Yoshino. Fiber-optic evanescent-wave methane-gas sensor using optical absorption for 3.392-mm line of a He-Ne laser // Opt. Lett.- 1987.-Т.2, № 6.- С. 437-439.
3. F.P. Payne and Z.M. Hale. Deviation from Beer's law in multimode optical fibers evanescent field sensors // Int. J. Optoelect.-1993.- №8.-С. 743-748.
4. C.O. Egalon, E.A. Mendoza, A.N. Khalil, R.A. Lieberman. Modeling an evanescent field absorption optical fiber sensor // Optical Engineering.-1995.- Т. 34, №12.- С. 3583-3586.
5. B. D. Gupta and C.D. Singh. Fiber-optic Evanescent Field Absorption Sensor: A theoretical Evaluation. // J. Fiber and Integrated optics.- 1994.- Т. 13, № 4. -С. 433-443.
6. K. Hayata. Application of Fuzzy Set Theory to Wave Optics// J. Optical Review.- 1996.- Т.3, № 3. - С. 417-419.
7. X.-Г. Унгер, Планарные и волоконные оптические волноводы. -М.: Мир, 1980.

УДК 621.372.542

ФРАКТАЛЬНЕ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ

В.П. Кожем'яко, В.П. Майданюк, К. М. Жуков, Хамді Р. Рамі, С.О. Піка

Вінницький державний технічний університет

Фрактальний метод кодування зображень дозволяє отримувати найвищі коефіцієнти стиснення, високу якість зображення і роздільну здатність, яка не залежить від роздільної здатності початкового зображення. Однак процес кодування зображення цим методом характеризується низькою швидкістю через великий час пошуку доменних блоків. В даній роботі розглядаються питання підвищення швидкодії кодування зображень природного походження фрактальним методом.

1. Вступ

З відомих методів кодування зображень фрактальний метод дозволяє отримувати найбільші коефіцієнти стиснення. З фізичної точки зору, фрактальне кодування ґрунтується на твердженні, що зображення містить афінну надлишковість [1]. Математична модель, яка використовується при фрактальному стисненні зображень, називається системою ітеративних функцій (Iterated Function System - IFS). Система ітеративних функцій містить набір стискаючих перетворень w_i , які можливо задати так:

$$W(\mathcal{C}) = \bigcup_{i=1}^n w_i(\cdot). \quad (1)$$

Хатчинсон [2] показав, що для вхідного зображення f_0 результат перетворення

$$f\Gamma = \lim_{n \rightarrow \infty} W^{(n)}(f_0) \quad (2)$$

не залежить від вибору f_0 . Зображення $f\Gamma$ називається нерухомою точкою перетворення W . Як перетворення w_i використовуються афінні перетворення:

$$w_i \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a_i & b_i & 0 \\ c_i & d_i & 0 \\ 0 & 0 & S_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ O_i \end{bmatrix}, \quad (3)$$

де a_i, b_i, c_i, d_i – афінні коефіцієнти деформації, стиснення, обертання; dx, dy – коефіцієнти переміщення; x, y – координати точки, що перетворюється; z – її інтенсивність. Параметр S_i керує контрастністю, а O_i – яскравістю зображення. Знаючи коефіцієнти цих перетворень, ми можемо відновити початкове зображення.

2. Алгоритм кодування-декодування зображень фрактальним методом

Одна з можливих схем кодування зображень фрактальним методом запропонована Джеквіном (Jacquin) [2,3], і містить такі етапи.

Зображення розділяється на області, що примикають одна до одної, розміром $n \times n$ (рангові області).

Задається набір доменних областей. Доменні області можуть перекриватись, вони не повинні обов'язково закривати всю поверхню зображення. Розміри доменних областей звичайно вибирають $2n \times 2n$. Для кожної рангової області підбирається доменна область, яка після афінних перетворень найбільш точно апроксимує рангову область. На практиці застосовується вісім варіантів відображення одного квадрата в інший з використанням афінних перетворень, які приведені на рис. 1 [2-4]. Це повороти зображення на кути $90, 180, 270$ (-90) градусів відносно його центра і перетворення симетрії відносно ортогональних осей, які проходять через центр фрагмента перпендикулярно його сторонам.

Точність апроксимації визначається за допомогою середньоквадратичного критерію:

$$F = \sum_{i,j} (S d_{ij} + O_{ij} - r_{ij})^2, \quad (4)$$

де d_{ij} – значення, отримані в результаті усереднення по фрагментах з розмірами 2×2 елементів доменної області, що приводить її розмір до розміру рангової області; r_{ij} – значення елементів рангової області. Зміщення O_{ij} може

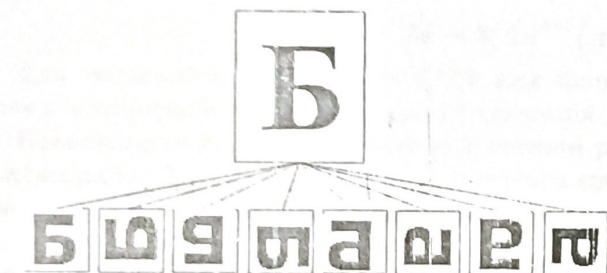


Рис 1. Можливі варіанти відображення одного квадрата в інший з використанням афінних перетворень

бути як константою (як в даній роботі), так і описуватись поліномами першого, другого, третього порядків [3].

Прирівнявши до нуля часткові похідні від виразу (4) по S і O :

$$\frac{\partial F}{\partial S} = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial O} = 0,$$

знайдемо значення S і O , при яких досягається мінімум виразу (4):

$$O = \frac{1}{n^2} \left(\sum_{i,j} r_{ij} - S \sum_{i,j} d_{ij} \right); \quad (5)$$

$$S = \frac{n^2 \sum_{i,j} r_{ij} d_{ij} - \sum_{i,j} r_{ij} \sum_{i,j} d_{ij}}{n^2 \sum_{i,j} d_{ij}^2 - \left(\sum_{i,j} d_{ij} \right)^2}. \quad (6)$$

Доменні блоки звичайно вибирають з кроком $n/2$ при $n=4$.

У вихідний файл записуються такі параметри:

- координати доменної області з найменшим значенням F_{\min} ;
- значення для O і S , отримані згідно формул (5,6);
- номер афінного перетворення.

Процес фрактального перетворення асиметричний. Тобто процес декодування не є простою інверсією процедур стиснення і вимагає значно менше часу для його виконання, що дає можливість уже тепер використовувати цей метод для зберігання зображень на компакт-дисках та інших носіях. Декодування стисненого зображення носить ітераційний характер і складається з таких етапів.

Створюються два зображення однакового розміру А і В. Розмір цих зображень не обов'язково збігається з розміром початкового зображення, початковий рисунок областей А і В будь-який.

Зображення В розбивається на рангові області так, як на першій стадії процесу стиснення. Для кожної рангової області зображення В виконується афінне перетворення відповідної доменної області зображення А і результат поміщається в В.

Виконуються операції, ідеггічні попередньому пункту, тільки зображення А і В міняються місцями.

Багатократно повторюються другий і третій кроки до тих пір, поки зображення А і В не стануть нерозрізненими.

Основним недоліком фрактального методу є низька швидкість кодування, яка пов'язана з тим, що для отримання високої якості зображення для кожного рангового блоку необхідно виконати перебір всіх доменних блоків, і для кожного доменного блоку необхідно виконати не менше восьми афінних перетворень.

В цифровій обробці сигналів швидкодія методу оцінюється кількістю арифметичних операцій, необхідних для виконання перетворення. Оцінимо, наприклад, число операцій множення при кодуванні зображень фрактальним методом (вважаючи, що $S=1$), оскільки для їх виконання витрачається найбільше часу. Нехай $M \times N$ розміри зображення і $M=N=n^k$, де n – розмір сторін рангового блоку. Нехай крок вибору доменних блоків $n/2$. Для порівняння даного рангового блоку з доменним блоком необхідно виконати $8n^2$ операцій множення. Тоді загальна кількість операцій множення для пошуку відповідного доменного блоку така:

$$M = 8n^2 * (\text{кількість доменних блоків}).$$

Кількість доменних блоків при кроці вибору $n/2$ складе:

$$\left(\frac{n^k - 2n}{n/2} + 1\right) * \left(\frac{n^k - 2n}{n/2} + 1\right).$$

Після підстановки кінцева формула має такий вигляд:

$$M = 8(4n^{k+1}(n^{k-1} - 3) + 9n^2).$$

Для порівняння, виконання ДКП для блоку такого ж розміру, навіть без використання швидких алгоритмів вимагає лише n^4 операцій множення.

Незважаючи на те, що виконані в останні роки роботи дозволили зменшити час кодування в десятки разів [3,4], актуальним залишається проведення досліджень по підвищенню швидкості стиснення зображень цим методом в таких напрямках:

- пошук критеріїв, які дозволяють швидко виконувати відбір доменних блоків без перебору всіх афінних перетворень;
- зменшення числа афінних перетворень.

3. Підвищення швидкодії фрактального стиснення

Найпростіший і найповільніший спосіб фрактального кодування є перевірка кожного доменного блоку і виконання обчислень згідно формул (4,5,6). Такий спосіб називається повним пошуком або повним перебором. При кодуванні зображень природного походження можна підвищити швидкодію кодування, прийнявши $S=1$, оскільки враховуючи статистику зображень, завжди знайдеться доменний блок, який апроксимує заданий ранговий блок з необхідною точністю. Тоді з виразів (4,5) одержимо:

$$F = \sum_{i,j} (d_{ij} + O_{ij} - r_{ij})^2; \quad (7)$$

$$O = \frac{1}{n^2} \left(\sum_{i,j} r_{ij} - \sum_{i,j} d_{ij} \right). \quad (8)$$

Контрастність декодованого зображення може бути відновлена після декодування іншими методами. Таке спрощення дозволяє знизити кількість арифметичних операцій на 60% і, відповідно, підвищити швидкість кодування.

Однак такий спосіб підвищення швидкодії не є коректним з тієї точки зору, що вже в самому алгоритмі передбачена візуально недостовірною передачею деяких графічних зображень штучного походження, тому необхідні додаткові заходи для забезпечення хоча б візуальної достовірності.

Серед відомих способів підвищення швидкодії кодування зображень фрактальним методом можна виділити такі [2, 3, 4]:

- пошук доменних блоків, для яких F не перевищує заданого значення;

- локальний та сублокальний пошуки;
- ізометричне передбачення;
- класифікація доменних і рангових блоків. Ранговий порівнюється з доменними блоками того ж самого класу.

Кодування відповідно першого підходу пояснює рис. 2.

- Вибрати прийнятний рівень E_c і установити розмір рангових блоків R_i $n \leq n_{max}$.
- Помітити блоки R_i як непокриті;
- Поки є непокриті R_i {
 - Знайти D_i і відповідне перетворення W_i , яке дає мінімум F ;
 - Якщо $F < E_c$ або розмір R_i $n \leq n_{max}$, то
 - Відмітити R_i як покритий і записати параметри W_i ;
 - Інакше
 - Розділити R_i на менші блоки і помітити їх як непокриті)

Рис. 2. Пошук доменних блоків з заданим F

Тобто передбачається змінний розмір доменних і рангових блоків. При постійному розмірі доменних і рангових блоків $n = const$ пошук продовжується до тих пір, поки не буде знайдений доменний блок, який забезпечує $F < E_c$ [2].

Локальний пошук (Local Search) передбачає пошук доменного блока тільки на ділянках зображення сусідніх з даним ранговим блоком.

Збільшити швидкість кодування можливо також, збільшивши крок вибору доменних блоків, що зменшує простір пошуку. Однак дуже великий крок веде до зниження якості зображення. Тому спочатку пошук виконується з великим кроком, і коли знаходиться блок з мінімальним значенням F_{min} , то пошук продовжується навколо цього блока з меншим кроком (рис.3).

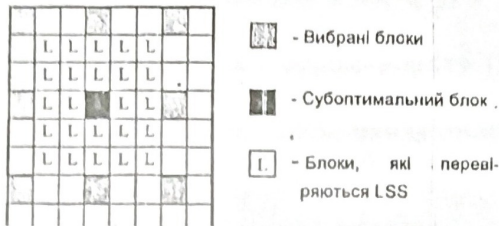


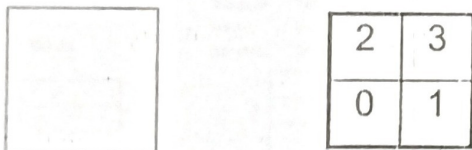
Рис. 3. Локальний субпошук

Такий спосіб носить назву локальний субпошук (Local Sub Search – LSS).

Кількість афінних перетворень зменшується за рахунок ізометричного передбачення. Кожний доменний (ранговий) блок розділяється на чотири субблоки, обчислюється середнє значення яскравості в межах кожного субблока і виконується сортування цих субблоків в порядку зростання. Порівнюючи сортований

і несортований списки, обчислюється лексикографічний порядок перестановок [4]:

$$Perm \# = inv(x_1) \cdot 3! + inv(x_2) \cdot 2! + inv(x_3) \cdot 1! + inv(x_4) \cdot 0!, \quad (9)$$



$$[0,1,2,3]$$

$L(\#)$ - середня яскравість субблока

$$L(2) > L(0) > L(1) > L(3)$$

$$[0,1,2,3] \rightarrow [2,0,1,3]$$

$$Perm \# = 2 \cdot 3! + 1 \cdot 2! + 1 \cdot 1! + 0 \cdot 0! = 15.$$

Рис.4. Приклад обчислення лексикографічного порядку

де $inv(x_i)$ - кількість перестановок, яка відноситься до i -ої позиції (рис. 4).

Тепер кожний блок має свій лексикографічний порядок, що дає можливість визначити найкраще покриття рангового блока.

Серед методів з класифікацією необхідно відмітити класифікацію, запропоновану Джеквіном [4], яка ґрунтується на топології блоків і передбачає блоки трьох типів:

- блоки без контурів (shade blocks);
- контурні блоки (edge blocks).

Shade-блоки можуть бути апроксимовані за допомогою поліномів третього або другого порядку, і пошук для них непотрібен, пошук текстурних блоків виконується без перевірки ізометрії (без виконання афінних перетворень). Тільки для контурних блоків виконується повний перебір.

4. Табличний метод підвищення швидкодії

Об'єм пам'яті та швидкодія комп'ютерів кожний рік подвоюються. Це дозволяє очікувати, що стане можливим застосування табличних методів пошуку доменних блоків без попередньої обробки зображень і пошуку критеріїв класифікації доменних блоків.

Доменний блок можна представити як вектор з n^2 координатами:

$$\vec{D}(d_1, d_2, \dots, d_{n^2});$$

де d_i - значення яскравості елементів блока, n - розмір сторін рангового блока.

Після виконання афінних перетворень утворюється ще 7 векторів, координати яких є перестановками координат початкового вектора. Якщо для представлення елемента d_i

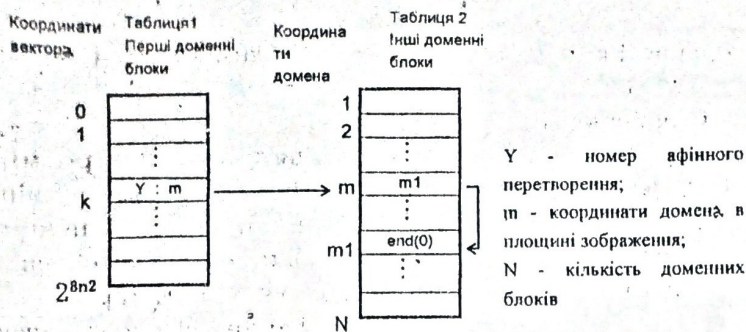


Рис. 5. Табличний метод пошуку

витрачається 8 біт, то розрядність числа $d_1 d_2 \dots d_n$ буде рівною 2^{8n^2} .

Формуються таблиці, представлені на рис. 5. Як видно з рисунку, для значення координати рангового блока "k" вибираються доменні блоки з номерами m та m1, для яких необхідно обчислити тільки значення S та O згідно виразів (5,6). Зрозуміло, що розміри таблиці 1 на рис. 5 не дозволяють поки що реалізувати такий

підхід на практиці без попередньої обробки доменних блоків для скорочення розмірності представлення елементів цих блоків.

Наш підхід підвищення швидкодії фрактального стиснення ґрунтується на попередній обробці кожного доменного і рангового блоків одним з операторів виділення контурів зображення і оцінці детальності кожного з цих блоків [5, 6]. Найбільші переваги має використання фільтра Лапласа, оскільки він точно ідентифікує контури і в порівнянні з градієнтними операторами забезпечує менші розміри таблиць пошуку:

$$G(i,j) = 4 f(i, j) - f(i-1, j) - f(i+1, j) - f(i, j-1) - f(i, j+1). \quad (10)$$

Обробка блоків згідно виразу (10) виключає з порівняння постійну складову зображення і тому дозволяє попередньо відібрати близькі до даного рангового блока доменні блоки.

Під час першого проходу оцінюється детальність доменних і рангових блоків. Такою оцінкою може бути сума модулів значень відліків контурного компонента:

$$S_{k_D} = \frac{1}{n^2} \left(\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n |G_D(i,j)| \right); \quad S_{k_R} = \frac{1}{n^2} \left(\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n |G_R(i,j)| \right),$$

де k_R - номер рангового блока, k_D - номер доменного блока, S_{k_D}, S_{k_R} - детальність, відповідно, доменного та рангового блоків.

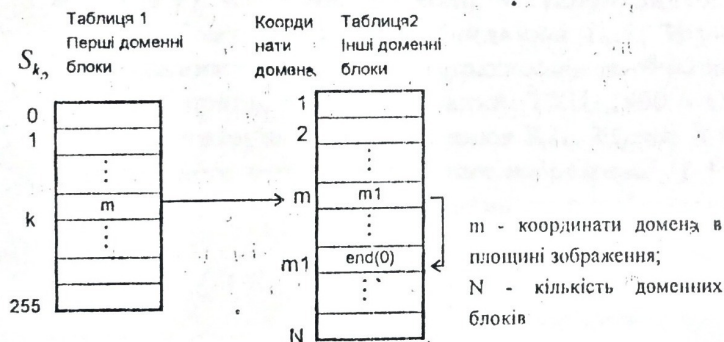


Рис. 6. Пошук доменного блока за критерієм детальності

Суми S_{k_R} заносяться в масив в порядку слідування рангових блоків, а для доменних блоків формуються таблиці, приведені на рис. 6.

Під час другого проходу для кожного значення детальності рангового блока S_{k_R} з таблиць 1, 2 (рис. 6) відбираються відповідні доменні блоки, для яких виконується обробка, характерна для фрактального стиснення та

обчислення згідно виразів (4-6). Оскільки вибраних блоків значно менше загальної кількості доменних блоків, то слід очікувати значного виграшу в швидкодії.

5. Експериментальні дослідження

При проведенні експериментальних досліджень застосовувався комп'ютер з процесором AMD-K5-PR133 і відеоконтролером S3 Trio64 V+. Початкове напівтонове зображення представлено у форматі BMP 320 x 200 з глибиною 8 біт/піксель. Розмір сторони рангового блока n дорівнює 4.

Таблиця 1

Вид експерименту	Розмір R _i	Час кодування, хв.	Оцінка якості зображення
Повний перебір	4x4	190	Відмінно
Табличний пошук	4x4	0,8	Добре

Якщо кількість попередньо відібраних доменних блоків перевищує 255, то повне обчислення відстані виконувалось тільки для перших 255 блоків. Якість зображення оцінювалась методом експертних оцінок згідно 654 рекомендації МККР.

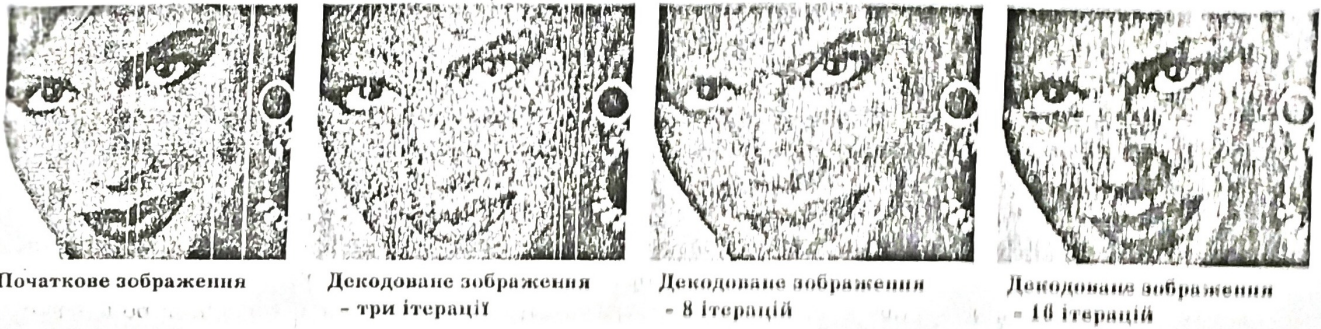


Рис. 7. Декодування зображення фрактальним методом

Результати досліджень приведені в табл. 1, приклад декодованого зображення – на рис. 7.

Швидкість кодування в порівнянні з повним перебором зростає більше ніж в 200 разів. Незначне зниження якості зображення пояснюється обмеженням кількості попередньо відібраних доменних блоків, що свідчить про необхідність більш складної обробки контурного зображення, і, відповідно, збільшення розмірів таблиці 1 на рис. 6. Наприклад, більш точні оцінки можна забезпечити, апроксимуючи контурні компоненти поліномами другого або третього порядку, хоча це може дещо знизити швидкість кодування.

Література

1. Барнсли М., Ансон Л. Фрактальное сжатие изображений // Мир ПК, 1992, - №10. - С. 52-58.
2. Fisher Y. Fractal Image Compression // SIGGRAPH'92 Course Notes, University of California, San Diego.
3. Benham B. Enhancing the speed of fractal image // Optical Engineering, - 1995, - №6.
4. Pulcini G., Verrando V., Rossi R. Fractal Image Compression through Iterated Function Systems // www.webcom.com/~verrando/pulcini.
5. Кожем'яко В.П., Майданюк В.П., Жуков К.М., Рамі Р., Хамді. Стиснення зображень фрактальним методом // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Збірник наукових праць. – Хмельницький: ТУП, 1999. - С. 120-125.
6. Кожем'яко В.П., Майданюк В.П., Жуков К.М., Вікбасв Р.Х., Савчук В.М. Підвищення швидкодії фрактального методу стиснення зображень // Четверта Всеукраїнська Міжнародна конференція "Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів": Праці. — Київ, 1998. — С. 145-147.

УДК 621.372

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОГО СТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛОМАССОБМЕНА В МОДЕЛИ ОБОЛОЧКИ

В.Г. Мураховский, В.Б. Роганков,
Одесская государственная академия холода

И.П. Супрун

Государственная академия легкой промышленности Украины, г. Киев

Можно отметить, что обсуждаемая в предыдущих статьях модель оболочки (МО) содержит некоторые упрощающие предположения, которые, в принципе, не являются обязательными, но полностью согласованы с постановкой задачи исследования. Так, учёт вязких свойств сред, образующих оболочку, вероятно, необходим для оценки износостойкости используемых тканей, а учёт нестационарности полей, будет, возможно, полезен при оценке влияния резких колебаний температуры, давления и влажности окружающей среды на свойства спецодежды. Однако нет сомнения в том, что определяющее значение для оптимального выбора компонентов (слоев) спецодежды имеет моделирование процессов обмена в стационарных термодинамических полях (m, T, P). При всём специфичности ощущения комфорта, можно указать некоторые необходимые для его достижения условия.

Известно, что температура поверхностного слоя кожи колеблется в небольшом диапазоне у среднего значения порядка $T_0 \approx 310$ К. В отсутствие одежды и заметной конвекции, комфортной