

гію розроблено на етапі підготовки друкованих та електронних документів до друку. Проведено дослідження виникнення муарних решіток у документі. Захисні елементи створюються на основі муару, який формується двома структурами з паралельних ліній. Розроблено математичні моделі формування муару та обґрунтовано його виникнення. Запропонований метод захисту може бути реалізований стандартними апаратними та програмними засобами. Метод є економічно обґрунтованим і надійним.

Література

1. Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах: Закон України від 05.07.1994 р., № 80/94-ВР. [Чинний, поточна ред. від 30.04.2009 р.] // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – № 31. – Ст. 286.
2. Коншин А.А. Защита полиграфической продукции от фальсификации / А.А. Коншин. – М.: ООО "Синус", 1999. – 157 с.
3. Назаркевич М. Аналіз сучасних методів та програмних ужитків з графічним захистом друкованих документів / Марія Назаркевич, Оксана Троян // Технічні вісті : зб. наук. праць. – 2013. – № 1 (37). – С. 42-44.
4. Назаркевич М. Розроблення методу захисту документів латентними елементами на основі фракталів / М. Назаркевич, І. Дронюк, О. Троян, Т. Томашук // Захист інформації : зб. наук. праць. – 2015. – № 1. – С. 81-85.
5. Назаркевич М.А. Розроблення програмного продукту для захисту інформації на основі плівок із прихованим латентним зображенням / М.А. Назаркевич, О. Троян // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка", – 2014. – № 806. – С. 187-194.
6. Gabrielyan Emin. The basics of line moiré patterns and optical speedup / Emin Gabrielyan // Scientific Park of Swiss Federal Institute of Technology, 2007. – 9 p.

Назаркевич М.А., Троян О.А. Метод защиты документов на основе эффекта муара

В информационной безопасности государства важную роль играет защита печатных документов. Разработаны специальные графические построения, на основе которых созданы элементы с эффектом муара, повышающие эффективность и надежность защиты. Рассмотрена возможность улучшить результаты защиты посредством использования эффекта муара для повышения эффективности защищенности документов. Данный метод сможет обеспечить высокий уровень защиты информации в печатном или электронном виде, не оставляя возможности фальсификации даже на современных копировальных устройствах. Технология защиты предусматривает создание защитных элементов на основе возникновения муарных решеток при попытке фальсификации документа. Технология разработана на этапе подготовки печатных и электронных документов в печать.

Ключевые слова: защита информации, защитный элемент, печать, муар.

Nazarkevych M.A., Troyan O.A. Document Protection Method based on Moiré Effect

State protection of printed documents plays an important role in information security. There are special graphic constructions based on which a moiré effect of items that increase the efficiency and reliability of protection. The possibility to improve the results of protecting by using moiré effect in order to strengthen documents security is studied. This method can provide a high level of data protection in printed or electronic form, leaving no possibility for falsification even in modern copiers. Protection technology involves creating protective elements based on origin moiré grids while trying forgery. The technology developed in preparation of printed and electronic documents to print.

Keywords: information security, security features, printing, moiré effect.

УДК 614.8

Проф., вед. научн. сотр. Б.Б. Поспелов, д-р техн. наук;

адъюнкт Р.М. Полстянкин – НУ гражданской защиты Украины, г. Харьков

МЕТОД ДВОЙНОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЗАГОРАНИЙ В ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ГРУППЫ ДИСТАНЦИОННЫХ СЕНСОРОВ

Рассмотрен метод двойного детектирования загораний в природных экосистемах на основе использования группы дистанционных сенсоров и его байесовская оптимизация. Проведено решение задачи оптимизации байесовского правила двойного детектирования для групповых сенсоров при фиксированном пороге первичного детектирования. Исследованы зависимости порога и мажоритарного правила детектирования в различных условиях наблюдения физического компонента загорания. Произведена количественная оценка ожидаемого выигрыша при оптимизации двойного детектирования загорания.

Ключевые слова: двойное детектирование, групповой сенсор, физический компонент загорания, мешающие факторы.

Постановка проблемы. Одним из основных направлений сокращения ущерба от природных пожаров в экосистемах является дистанционный мониторинг состояния лесов и торфяников. Для этой цели в мировой практике последних лет предлагается использовать множество беспроводных сенсоров, размещаемых на контролируемой площади, которые способны автономно измерять физические компоненты возможных очагов загорания и дистанционно передавать на контрольный пункт информацию об их состоянии. Применение таких систем сталкивается с проблемой наличия ошибок при обнаружении критических состояний измеряемых физических компонентов загорания в виде пропусков и ложных срабатываний. В связи с этим проблема обеспечения эффективного мониторинга лесов и торфяников для Украины становится особо актуальной. Приоритетным направлением решения данной проблемы следует считать снижение ошибок при раннем обнаружении критических состояний измеряемых физических компонентов загорания. Наиболее конструктивным в этом направлении является подход, базирующийся на объединении автономных сенсоров в реальные или виртуальные группы – создании групповых сенсоров, в которых решение о наличии или отсутствии критического состояния выносится на основе метода двойного детектирования загорания. При этом на первом этапе решается задача первичного детектирования критического состояния каждым из сенсоров группы, а на втором – производится второе детектирование, при котором выносится окончательное решение о наличии или отсутствии загорания на контролируемой площади. В связи с необходимостью повышения эффективности двойного детектирования загораний в экосистемах, с одной стороны, а также сложность условий измерения физических компонентов загорания, снижающая эффективность их детектирования – с другой стороны, порождают проблему оптимизации процедуры двойного детектирования загораний для групповых сенсоров.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [1] для повышения эффективности обнаружения пожара предлагается объединение сенсоров в группу с последующим применением мажоритарного правила обработки информации от сенсоров. При этом возможности снижения ошибочных ре-

шений не рассматриваются. В работе [2] снижение ошибочных решений для группового сенсора базируется на использовании критерия максимума разности между вероятностями правильного и ложного срабатывания. Показано, что при фиксированном пороге автономных сенсоров существует определенное соотношение между числом сработавших сенсоров и общим числом сенсоров в группе, при котором детектирование пожара оказывается оптимальным в смысле рассматриваемого критерия. Получено выражение, позволяющее определять оптимальное число сработавших сенсоров, но не рассмотрены вопросы выбора порога в автономных сенсорах группы и его влияние на оптимальное число сработавших сенсоров.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является повышение эффективности двойного детектирования загораний в природных экосистемах с использованием реальных или виртуальных групповых сенсоров на основе совместной оптимизации порога и мажоритарного правила.

Будем полагать, что в реальных условиях n автономных сенсоров в группе формируют и передают информацию о состоянии физических компонентов загорания на контролируемой площади с учетом воздействия $\varepsilon_1(t)$, $\varepsilon_2(t)$, ..., $\varepsilon_n(t)$ аддитивных случайных факторов. При этом первичное детектирование осуществляется на уровне автономных сенсоров путем сравнения уровня измеренного сигнала с соответствующим порогом. Вторичное детектирование осуществляется в групповом сенсоре на основе результатов первичного детектирования в автономных сенсорах. Случайный характер самих физических компонентов загорания на контролируемой площади, а также мешающих факторов на этапе первичного детектирования приводит к возникновению двух видов ошибок:

- ошибке первого рода – пропуску загорания при его фактическом наличии;
- ошибке второго рода – ложной тревоге (решение о наличии загорания) при фактическом отсутствии загорания.

При этом указанные ошибки первичного детектирования в групповом сенсоре будут трансформироваться в соответствующие ошибки вторичного детектирования. Рассмотрим особенности такой трансформации. Пусть при первичном детектировании для фиксированного порога вероятность ошибки первого рода равна α , а вероятность ошибки второго рода – β . Тогда при детектировании загорания не более чем $n - k$ автономными сенсорами группы вероятность p_α ошибки первого рода (пропуск) для группового сенсора будет определяться величиной

$$p_\alpha = 1 - \sum_{i=k}^n C_n^i (1-\alpha)^i \alpha^{n-i}. \quad (1)$$

При этом вероятность p_β ошибки второго рода (ложная тревога) в случае детектирования загорания не менее k сенсорами группы при фактическом его отсутствии будет определяться величиной

$$p_\beta = \sum_{i=k}^n C_n^i \beta^i (1-\beta)^{n-i}. \quad (2)$$

С учетом (1) и (2) оптимизация вторичного детектирования возгорания (мажоритарного правила "k/n") для группового сенсора может рассматриваться, например, с использованием критерия Байеса, определяющего средний риск ошибочных решений

$$L = Ap_\alpha + Bp_\beta = A - \sum_{i=k}^n C_n^i \left[A(1-\alpha)^i \alpha^{n-i} - B\beta^i (1-\beta)^{n-i} \right] \rightarrow \min_k, \quad (3)$$

где A, B – обобщенные весовые коэффициенты: $A \geq 0, B \geq 0$. Весовые коэффициенты A, B могут определяться вероятностями сопутствующих ошибкам событий, стоимостью или ущербом от ошибок, а также произведениями ущерба на вероятности соответствующих сопутствующих событий. Известно, что задача минимизации байесовского риска (3) эквивалентна задаче максимизации

$$\sum_{i=k}^n C_n^i \left[A(1-\alpha)^i \alpha^{n-i} - B\beta^i (1-\beta)^{n-i} \right] \rightarrow \max_k. \quad (4)$$

Пусть вероятность правильного детектирования загорания для автономных сенсоров превышает вероятность ложной тревоги $1-\alpha > \beta$. Следуя [2], максимум выражения (4) будет достигаться при значении k , равном ближайшему сверху к x_0 целому числу, но не большем n . Искомое значение x_0 определяется выражением

$$x_0 = \frac{\ln \frac{B}{A} + n \ln \frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln \left(\frac{1-\alpha}{\beta} \cdot \frac{1-\beta}{\alpha} \right)}. \quad (5)$$

Из выражения (5) следует, что число k автономных сенсоров, детектировавших загорание и необходимых для оптимального (в смысле минимума байесовского риска (3)) детектирования в групповом сенсоре, зависит от вероятностей ошибок первичного детектирования в сенсорах, а также значений A и B весовых коэффициентов. Выбору обобщенных весовых коэффициентов и их влиянию на величину оптимального числа k сенсоров при фиксированных значениях α и β посвящена работа [3].

Следует заметить, что вероятности ошибок первичного детектирования α и β существенно зависят от статистики физических компонентов загорания на контролируемой площади, мешающих факторов, а также порога первичного детектирования. В этой связи важной для приложений является совместная оптимизация порога в автономных сенсорах при первичном детектировании загорания и правила вторичного детектирования для группового сенсора.

Пусть статистика регистрируемого физического компонента загорания с учетом мешающих факторов T на выходе измерителя автономного сенсора для фиксированного момента времени описывается гауссовой плотностью вероятности. Будем полагать, что Tr – критическое значение физического компонента загорания. В этом случае при первичном детектировании на входе порогового устройства сенсора будет действовать реализация аддитивной смеси $T = Tr + \varepsilon$, где ε – составляющая независимых случайных факторов, характеризуемая ну-

левым средним и величиной σ^2 дисперсии. Если загорание отсутствует, то критическое значение его физического компонента равно нулю, и на входе порогового устройства будет действовать реализация смеси $T = \varepsilon$, которая обусловлена только воздействием случайных факторов. Будем полагать, что статистика T при критическом значении физического компонента загорания определяется плотностью $R_1(T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(T-T_p)^2}{2\sigma^2}}$, а при его отсутствии – $R_0(T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{T^2}{2\sigma^2}}$. Тогда вероятности ошибок α и β первичного детектирования для автономных сенсоров при заданном пороге u будут определяться соответственно:

$$\alpha(u) = \int_{-\infty}^u \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(T-T_p)^2}{2\sigma^2}} dT \text{ и } \beta(u) = \int_u^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{T^2}{2\sigma^2}} dT. \quad (6)$$

С учетом (6) средний байесовский риск для группового сенсора будет определяться функционалом

$$L(k, n, u) = Ap_{\alpha}(k, n, u) + Bp_{\beta}(k, n, u) \rightarrow \min_{n, k, u}, \quad (7)$$

где $p_{\alpha}(k, n, u) = 1 - \sum_{i=k}^n C_n^i (1 - \alpha(u))^i \alpha(u)^{n-i}$, а $p_{\beta}(k, n, u) = \sum_{i=k}^n C_n^i \beta^i(u) (1 - \beta(u))^{n-i}$.

В общем случае оптимизация двойного детектирования для группового сенсора в соответствии с байесовским критерием (7) должна производиться совместно по числу n сенсоров в группе, порогу u , а также требуемому числу k сенсоров, детектировавших возгорание, из n сенсоров группы. На практике общее число n сенсоров в группе обычно фиксировано. Поэтому совместной оптимизации подлежат значения k и u .

В качестве примера на рис. 1 приведен в пространстве оптимизируемых параметров k и u характерный вид поверхности, определяемой логарифмом функционала (7) ($\lg\{L(k, n, u)\}$), для фиксированного числа $n=40$ сенсоров в группе при критическом значении физического компонента загорания $T_p=20$ (условных единиц) и среднеквадратическом значении $\sigma=10$ (условных единиц) мешающего фактора.

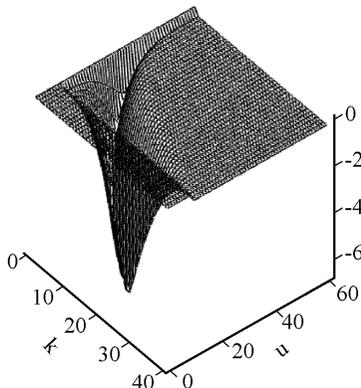


Рис. 1. Зависимость логарифма среднего риска в пространстве параметров k и u

Приведенные данные свидетельствуют о том, что для группового сенсора минимум среднего риска (7) существенно зависит от реализуемого мажоритарного правила " k/n " вторичного детектирования и величины порога u первичного детектирования в сенсорах. Поэтому оптимизация двойного детектирования загорания в групповых сенсорах должна выполняться на основе совместного выбора порога u первичного детектирования в сенсорах и правила " k/n " вторичного группового детектирования.

Следуя (7), величина порога u определяется величиной критического значения физического компонента загорания и статистикой мешающих факторов. Это означает, что решение задачи оптимизации двойного детектирования для группового сенсора в общем случае зависит от статистики мешающего фона и наблюдаемого критического значения физического компонента загорания.

На рис. 2 приведены зависимости значений десятичного логарифма показателя (7), иллюстрирующие этот факт. Кривые на рис. 2, а соответствуют изменению порога u сенсоров при незначительном уровне мешающих факторов для различных правил " k/n " для числа сенсоров в группе $n=10$, а на рис. 2, б при существенном уровне мешающих факторов по сравнению с наблюдаемым критическим значением физического компонента загорания.

Данные на рис. 2 свидетельствуют о наличии оптимального порога для сенсоров группы и его зависимости от уровня мешающих факторов. Чем выше уровень мешающих факторов, тем существенней проявляется эта зависимость. Например, для рассматриваемого правила " $k=6/n=10$ " вторичного детектирования оптимальный порог при уровне мешающих факторов $\sigma=16$ должен составлять величину порядка $T_p/2$. При выборе порога, соответствующего уровню наблюдаемого критического значения физического компонента загорания, равного T_p , вероятность полной ошибки детектирования оказывается почти в 6 раз больше. При этом в случае меньшего уровня мешающих факторов выигрыш оказывается более существенным.

Основные показатели качества двойного детектирования для группового сенсора при различных условиях наблюдения физического компонента загорания, оптимизированного только по числу сенсоров k , детектирующих загорание, и для группового сенсора, оптимизированного совместно по числу сенсоров k и порогу $u=a$, в случае общего числа сенсоров в группе, равном 20, представлены на рис. 3; а, б, с соответственно. Здесь величина U_0 определяет результат совместной оптимизации по числу сенсоров k и порогу $a=u$, а $D(\cdot)$ и $LT(\cdot)$ определяют соответственно функционалы вероятности правильного детектирования загорания и ложной тревоги для группового сенсора.

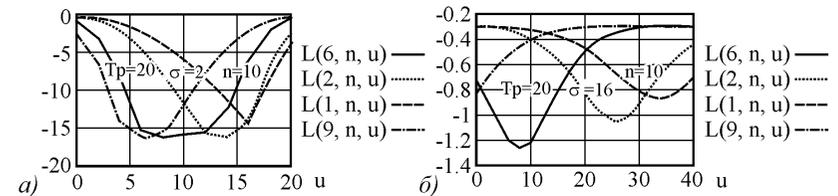


Рис. 2. Зависимость значения логарифма среднего риска от величины порога u сенсоров для различных правил " k/n " и уровней мешающих факторов

На рис. 3 для сравнения приведены значения вероятностей правильного детектирования $D(Tp)$ и ложной тревоги $\beta(Tp)$ для автономного сенсора группы и зависимости функционалов среднего риска $R5(\cdot)$ и $L5(\cdot)$ от параметра $u = a$ для группового сенсора в случае оптимизированного порога Uo и заданного фиксированного порога, соответствующего значениям $D(Tp)$ и $\beta(Tp)$.

Из анализа зависимостей на рис. 3 следует, что показатели качества двойного детектирования загорания для группового сенсора, который оптимизирован по числу сенсоров k и порогу $u = a$, существенно возрастают с увеличением отношения Tr / σ . Например, вероятности правильного детектирования загорания и ложной тревоги для оптимизированного по двум параметрам группового сенсора при отношении $Tr / \sigma = 1$ составляют соответственно 0,954 и 0,026.

Аналогичные характеристики детектирования для группового сенсора, оптимизированного только по числу сенсоров k , составляют соответственно 0,942 и 0,029, а для одиночного сенсора – 0,5 и 0,159. При отношении $Tr / \sigma = 2$ вероятности правильного детектирования и ложной тревоги для группового сенсора, оптимизированного по двум параметрам, составляют соответственно 0,999 и $2,504 \cdot 10^{-5}$, а для группового сенсора, оптимизированного только по числу сенсоров k , 0,999 и $9,691 \cdot 10^{-4}$ соответственно. Приведенные данные свидетельствуют, что для группового сенсора, оптимизированного совместно по числу сенсоров k и порогу $u = a$, обеспечивается на порядок меньшая вероятность ложной тревоги при одинаковой вероятности правильного детектирования загорания, равной 0,999.

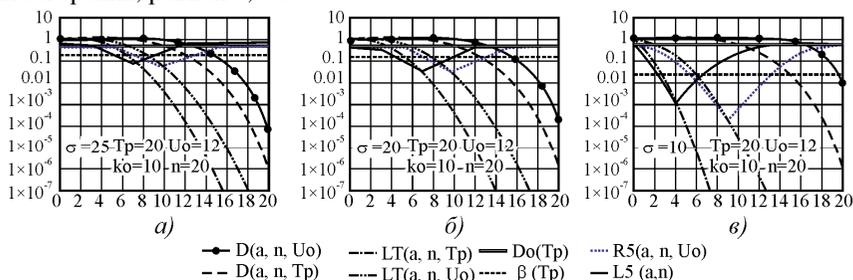


Рис. 3. Показатели детектирования загорания группового сенсора для различных условий наблюдения физического компонента загорания

При этом увеличение отношения Tr / σ приводит к еще большему выигрышу в рассматриваемых показателях качества детектирования загораний по наблюдаемому физическому компоненту в условиях мешающих факторов.

Выводы. Рассмотрен метод двойного детектирования загораний в природных экосистемах на основе групповых дистанционных сенсоров и совместной байесовской оптимизации первичного порога детектирования и мажоритарного правила. Решена частная задача оптимизации байесовского правила двойного детектирования для групповых сенсоров при фиксированном пороге первичного детектирования. Показано, что для группового сенсора величина порога и мажоритарное правило при двойном детектировании должны оптими-

зироваться совместно. Исследованы зависимости порога и мажоритарного правила детектирования в различных условиях наблюдения физического компонента загорания. Произведена количественная оценка ожидаемого выигрыша при оптимизации двойного детектирования загорания, свидетельствующая о высокой эффективности групповых сенсоров по сравнению с автономными и неоптимальными групповыми сенсорами.

Литература

1. Абрамов Ю.А. Повышение эффективности обнаружения пожара по температуре / Ю.А. Абрамов, В.М. Гвоздь, Е.А. Тищенко. – Харьков : Изд-во НУГЗУ. – 2011. – 129 с.
2. Поспелов Б.Б. Оптимальный выбор количества пожарных извещателей в системе защиты резервуара с нефтепродуктом / Б.Б. Поспелов, А.Е. Басманов, А.А. Михайлюк, Я.С. Кулик // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Харьков : Изд-во НУГЗУ. – 2011. – Вип. 30. – С. 12-15.
3. Поспелов Б.Б. Структурный метод повышения надежности датчиков первичной информации в системе ослабления последствий чрезвычайной ситуации / Б.Б. Поспелов, А.Е. Басманов // Проблемы надзвичайних ситуацій : зб. наук. праць. – Харків : Вид-во НУЦЗУ. – 2011. – Вип. 14. – С. 129-134.

Поспелов Б.Б., Полстянкин Р.М. Метод подвійного детектування загорянь у природних екосистемах на основі групи дистанційних сенсорів

Розглянуто метод подвійного детектування загорянь у природних екосистемах на основі використання групи дистанційних сенсорів і його байєсівську оптимізацію. Розв'язано задачу оптимізації байєсівського правила подвійного детектування для групових сенсорів при фіксованому порозі первинного детектування. Досліджено залежності порога і мажоритарного правила детектування в різних умовах спостереження фізичного компонента загоряння. Проведено кількісну оцінку очікуваного вигаду при оптимізації подвійного детектування загоряння.

Ключові слова: подвійне детектування, груповий сенсор, фізичний компонент загоряння, завадні чинники.

Pospelov B.B., Polstiankin R.M. The Method of Detection of Double Ignition in Natural Ecosystems on the Basis of Group-based Remote Sensor

A method of double detecting of fires in natural ecosystems applying group-based remote sensors and its Bayesian optimization is studied. A solution to the problem of optimizing the Bayesian rule of double detection for group of sensors at a fixed threshold of initial detection is proposed. The dependence of the threshold and majority rule of detection in different conditions of observation of the physical component of the ignition is considered. Quantitative assessment of the expected gain in the optimization of dual detection of ignition is made.

Keywords: double detection, group sensor, physical component of ignition, interfering factors.

УДК 629.7.022

Викл. М.З. Лаврівський; магістрант Н.Є. Тур – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ЛІСОВІЙ МІСЦЕВОСТІ

Наведено характеристику техногенного навантаження на природне середовище крайнім загалом. Оцінено нові методи вдосконалення організації ведення пошукових та аварійно-рятувальних робіт, а саме – залучення авіаційних пошуково-рятувальних засобів. На основі наведеної характеристики безпілотних літальних апаратів, які також називають "безпілотниками" і "дронами", визначено спектр їх застосувань. Розглянуто ос-