



TH
7341
C571
omgre

PRESENT STATUS OF AERIAL THERMOGRAPHY
HEAT LOSS APPLICATIONS IN CANADA

Dr. Josef Cihlar
Applications Division
Canada Centre for Remote Sensing
Ottawa, Ontario

On 29 December 1977, a meeting* was held at the Airborne Operations Section of the Canada Centre for Remote Sensing to assess the status of aerial thermography applications to heat loss detection in Canada. The meeting was attended by individuals actively involved in data acquisition, data interpretation and operational utilization of the results, and therefore offered the opportunity to examine the current status of both industrial and residential applications. Following is a summary of the discussion.

1. Current Activities

1.1 Residential applications

As a part of a city-wide awareness program, OCRS (G. Lawrence) has conducted a study aimed at establishing a relationship between gray levels on level subset thermograms and three ceiling insulation levels (less than 10 cm, 10 to 15 cm, more than 15 cm).

* Meeting participants:

J. Barry, Philip A. Lapp Ltd.
G. Lawrence and T. Ellis, Ontario Centre for Remote Sensing (OCRS)
A. Jost and K. Hawells, Nova Scotia Research Foundation
D. Gillis, University of Prince Edward Island
B. Fretts and H. McKay, Intera Environmental Consultants Ltd.
R. Brown, J. Cihlar, G. Fitzgerald and
P. Teillet, Canada Centre for Remote Sensing

ÉTAT ACTUEL DES ÉTUDES PAR THERMOGRAPHIE AÉRIENNE DES PERTES CALORIFIQUES AU CANADA

Dr. Josef Cihlar
Division des Applications
Centre Canadien de Télédétection
Ottawa, Ontario

RESORS

Le 29 décembre, 1977, une réunion a été tenue à la Section des Opérations Aériennes du Centre Canadien de Télédétection, afin d'évaluer l'état actuel des applications de la thermographie aérienne à la détection des pertes calorifiques au Canada. Les participants ayant été activement engagés dans l'acquisition des données, l'interprétation des données, ainsi que dans l'utilisation opérationnelle des résultats, on a pu ainsi examiner le statu quo des applications résidentielles et industrielles.

Voici un résumé des débats de cette réunion.

1. Activités courantes

1.1 Applications résidentielles

Dans le cadre d'un programme urbain, le centre ontarien de télédétection (G. Lawrence) a dirigé une étude visant l'établissement d'une relation entre les niveaux de gris d'un sous-ensemble de niveau thermographiques et trois niveaux d'isolation de plafond (moins de 10cm, 10cm à 15cm, plus de 15cm). Les résultats ont démontré que les maisons bien ou mal isolées avaient tendance à paraître respectivement plus sombres au plus claires sur les thermo-

Participants à la réunion:

J. Barry, Philip A. Lapp Ltée
G. Lawrence et T. Ellis, Centre Ontarien de Télédétection (COT)
A. Jost et K. Hawells, Institut de Recherche de Nouvelle-Ecosse
D. Gillis, Université de l'Île du Prince Édouard
B. Fretts et H. McKay, Intera Environmental Consultants Ltée
R. Brown, J. Cihlar, G. Fitzgerald et P. Teillet, Centre Canadien de Télédétection



Energy, Mines and
Resources Canada

Canada Centre for
Remote Sensing

2464 Sheffield Road
Ottawa, Canada K1A 0Y7
Tel. (613) 993-0121

Énergie, Mines et
Ressources Canada

Centre Canadien
de Télédétection

2464 rue Sheffield
Ottawa, Canada K1A 0Y7
Tel. (613) 993-0121

This document was produced
by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une
numérisation par balayage
de la publication originale.

lighter ?

Results showed that well (poorly) insulated homes tended to be darker (lighter) on the thermograms, but there was substantial overlap between these two categories; this overlap was somewhat reduced when various house styles were considered separately. These results were incorporated in an interpretation guide which includes, for each of about 60 homes: ground photograph, nighttime thermogram, architectural type, age, insulation thickness and type, ventilation (if visible from outside), dominant gray level, and distinct features important from the image interpretation viewpoint. The guide was designed to be used for interpretation of the city-wide aerial thermograms by persons relatively unfamiliar with aerial thermography. One guide has been completed so far (Lindsay, Ontario); another will be prepared in 1978 for Stratford, Ontario.

with R. Brown reported on results of a detailed examination of the effect of insulation on apparent roof temperatures measured by the infrared line scanner. The correlation between R values and roof temperatures for a group of bungalows was low; it increased when house age, roof pitch, and ventilation were taken into consideration, but still left significant amount of temperature variability unexplained. The effect of changing roof emissivity was not conclusively established, although there are indications of its presence. Further work is continuing on the importance of these variables and on the feasibility of rapid identification of "thermally unsound" homes such as those having both poor insulation and poor ventilation.

D. Gillis described preparations for a public awareness program in energy conservation to be undertaken in Summerside in January 1978. Current plans call for an à priori establishment of thermogram gray level - house insulation level relationship and for using this relationship to determine R values for individual homes during the visits to home owners. This will be followed by a cost/saving analysis for suggested insulation upgrading.

1.2 Industrial applications

J. Barry reviewed recent application projects concerned with flat-roofed buildings conducted in Toronto, Charlottetown and over U.S. Army sites, respectively. In all

grammes; toutefois un chevauchement substantiel entre ces deux catégories. Ce chevauchement était pourtant réduit quand divers types d'habitation étaient séparément considérés. Les résultats furent incorporés dans un guide d'interprétation qui inclut, pour chacune des quelques 60 habitations: photographie au sol, thermogramme de nuit, type architectural, âge, épaisseur et genre d'isolation, ventilation et aération visibles de l'extérieur, niveau gris dominant, ainsi que toutes caractéristiques importantes pour l'interprétation de l'image.

Le guide a été conçu pour l'interprétation de thermogrammes aériens de régions urbaines par des personnes possédant une expérience assez limitée de la thermographie aérienne. Jusqu'à présent un guide a été complété (Lindsay, Ontario); un autre sera préparé en 1978 pour Stratford, Ontario.

R. Brown a présenté un rapport sur l'examen détaillé des effets de l'isolation sur les températures apparentes des toits, mesurés par le balayeur linéaire infra-rouge. La corrélation entre les valeurs d'isolation R et la température des toits pour un groupe d'habitations de style bungalow s'est avérée faible. Cependant, elle augmentait en fonction de l'âge de la maison, de l'inclinaison du toit, et de la ventilation mais en laissant inexplicée une variation importante de température. Les effets produits par les diverses émissions des toits n'ont pas été établis, toutefois leur présence n'en est pas moins évidente. D'autres travaux se poursuivent basés sur la recherche l'importance de ces variables et sur la faisabilité de l'identification rapide de maisons en mauvais état thermique, tel les celles ayant à la fois une faible isolation et une faible ventilation.

D. Gillis a décrit les préparatifs en vue d'un programme de prise de conscience publique sur la conservation de l'énergie, qui sera entrepris à Summerside en Janvier 1978. Les plans actuels requièrent l'établissement à priori d'une relation entre les niveaux de gris sur thermogrammes et le degré d'isolation des habitations, et l'usage de cette relation pour déterminer les valeurs de R pour les maisons individuelles lors de la visite des propriétaires des dites maisons. Ceci sera suivi d'une analyse coût/épargne en vue de montrer les bienfaits d'une meilleure isolation.

1.2 Applications Industrielles

J. Barry a présenté un compte-rendu projets concernant les édifices à toits plats, conduits à Toronto, Charlottetown et au-dessus des bases militaires américaines respectivement.

these studies, roof areas with damaged waterproof membrane and consequently deteriorated insulation were identified. Standing water or ice was always a problem; it was interpreted in terms of heat loss or identified as water or ice and ignored. Since water is likely to be present on flat roofs in most cases, a technique will be necessary to deal with it. J. Barry suggested that a "reference" water surface may be suitable for isolating the effect of standing water on the apparent roof temperature.

D. Gillis and A. Jost described the use of thermography in the energy bus programs in P.E.I. and Nova Scotia, respectively. Aerial thermograms of sites to be visited by the buses are interpreted and suspected roof areas are marked. During the visit, the energy bus personnel present the thermogram and its interpretation to the building managers, and the suspected areas are then examined. This method of integrating aerial thermography into energy bus operation is an outgrowth of a CCRS - sponsored pilot project in Charlottetown in March 1977 and is unique in North America. The program has been favorably received in Prince Edward Island and in Nova Scotia; aerial thermograms have also enjoyed wide acceptance in both cases.

2. Value of Aerial Thermography for Operational Programs

Given the current status in the research and applications of aerial thermography to heat loss detection, the group felt that the following points summarize the value of aerial thermograms for operational (as opposed to research) programs.

2.1 Residential programs

i) Thermograms serve as an impetus for home owners to become interested in energy conservation and in his home as well. In many instances, home owners are not familiar with insulation, ventilation and other aspects

Dans toutes ces études, l'on a identifié les toits dont la couche imperméable a été endommagée, entraînant ainsi détérioration de l'isolation. La présence de glace ou d'eau stagnante a créé un problème d'interprétation; cette présence a été identifiée comme une perte calorifique ou bien comme de l'eau ou de la glace. Comme on trouve souvent de l'eau sur les toits plats, une nouvelle technique sera nécessaire afin de faire face à ce problème. J. Barry a donc proposé qu'une surface d'eau référentielle soit employée afin d'isoler les effets de la présence de flaques d'eau sur la température apparente des toits.

D. Gillis et A. Jost ont ensuite décrit l'usage de la thermographie dans les programmes de conservation d'énergie de l'Île du Prince Édouard et la de Nouvelle-Ecosse respectivement.

Des autobus spécialement équipés parcourent ces provinces pour promouvoir les programmes en question. Des thermogrammes aériens de sites à être visités par ces autobus sont interprétés, et les toits suspects sont notés. Lors de la visite d'un site particulier, le personnel présente le thermogramme et ses interprétations aux gérants d'immeubles, et les endroits suspects sont ensuite examinés. Cette méthode d'intégration de la thermographie aérienne au programme de conservation de l'énergie promu par autobus, est une extension du projet pilote réalisé à Charlottetown en mars, 1977 sous l'égide du CCT. Il est à noter que cette expérience est unique en Amérique de Nord. Le programme a été favorablement reçu par l'Île du Prince Édouard et en Nouvelle-Ecosse. Les thermogrammes aériennes ont également été bien reçus dans les deux cas.

2. Valeur de la thermographie aérienne pour des programmes opérationnels.

Étant donné l'état actuel de la recherche et de l'application de la thermographie aérienne à la détection de pertes calorifiques, le groupe a pensé que les points suivants résumaient la valeur des thermogrammes aériennes pour les programmes opérationnels (pas opposition aux programmes de recherche).

2.1 Programmes résidentiels

i) Les thermogrammes servent d'encouragement aux propriétaires à prêter intérêt à la conservation de l'énergie en général et dans sa maison. Dans bien des cas, les propriétaires ne

of their homes prior to viewing the thermograms, and thus are not in a position to implement energy conservation measures.

ii) The interpretation of thermograms for home owners should indicate whether the house is relatively warm or relatively cold. For the relatively warm houses, the interpreter would suggest that the house appears to be losing heat and would discuss the possible causes (inadequate insulation thickness, deteriorated insulation, poor ventilation). The most probable cause of the high roof temperature would be established during this discussion. In case of relatively cool houses, the interpreter would point to the lack of evidence for heat loss but stress that this does not necessarily imply a well insulated house (the house could also have poor insulation but effective attic ventilation).

iii) Attempts to predict insulation thickness from gray scale levels will often be inaccurate at the present time due to the inadequate understanding of the relationships involved.

2.2 Industrial programs

i) Thermograms serve as an effective introduction of the energy bus visit at an establishment. Building managers are usually very interested in examining the thermograms and discussing the interpretation in light of their own experience. Correct interpretation increases credibility of the bus program as a whole. Since thermograms are retained by the building managers, they can be used at a later date when energy conservation issues arise within the company.

ii) Careful interpretation of thermograms leads to a reliable identification of damaged roofs (waterproof membrane, deteriorated insulation, structural damages).

3. Acceptable Environmental Conditions for the Acquisition of Aerial Thermographs

The list of conditions prepared by B. Fretts (Intera) was discussed, and one change was agreed upon: the scanner blackbody setting will be left at operator's discretion, and constant temperature range will not be required. The statement regarding inversions was considered unnecessary but was left in because it is not likely to affect data acquisition

sont pas renseignés sur l'isolation, la ventilation et autres aspects de contact avec les thermogrammes, et ne réalisent donc pas les mesures de conservation à prendre.

ii) L'interprétation des thermogrammes pour les propriétaires pour savoir si leur maison est relativement chaude ou froide. Pour les maisons relativement chaudes, l'interprète suggérerait alors que la maison semble perdre de la chaleur et discuterait des causes possibles (épaisseur isolatrice inadéquate, isolation désériorée, mauvaise ventilation). La cause la plus probable de température élevée du toit serait établie pendant cette discussion. Dans le cas des maisons relativement froides, l'interprète préciserait le manque d'évidence quant à la perte calorifique, mais insisterait sur le fait que ceci n'implique pas nécessairement une maison bien isolée. (la maison pourrait aussi avoir une mauvaise isolation, mais une bonne ventilation).

iii) Les tentatives de prédiction de l'épaisseur de l'isolation à partir des niveaux gris seront souvent inefficaces, pour le moment, à cause de l'incompréhension des relations impliquées.

2.2 Programmes industriels

i) Les thermogrammes servent d'introduction efficace lors de la visite de l'autobus du programme d'énergie à un établissement. Les gérants d'immeubles sont souvent intéressés à examiner les thermogrammes, et à discuter de leur interprétation dans les limites de leur expérience. L'interprétation correcte accroît la crédibilité dans l'ensemble du programme promu par autobus. Vu que les thermogrammes sont conservés par les gérants d'immeuble, ils peuvent être utilisés à une date ultérieure, lorsque les mesures de conservation de l'énergie sont disantées au sein de la compagnie.

ii) L'interprétation circonspecte des thermogrammes mène à une identification sûre des toits endommagés (couche imperméable isolation détériorée, dommages structuraux).

3. Conditions d'environnement acceptables pour l'acquisition de thermographies aériennes

La liste des conditions préparée par B. Fretts (Intera) a été discutée, et l'on s'est mis d'accord sur le changement suivant: l'ajustage des corps noirs du balayeur sera laissé à la discrétion de l'opérateur, et un intervalle température constante ne sera pas nécessaire. Le commentaire concernant les inversions, n'a pas été jugé utile mais il n'a pas été retiré

decisions. It is understood that this list is to serve users who want "standard" data package, and that any condition can be overridden by explicit user's requirements. The full list of specifications is given in the Appendix.

4. Optimum Data Package

Although data needed may vary from project to project, previous experience has indicated that both industrial and residential operational programs have fairly well defined requirements.

4.1 Residential projects

i) Nighttime thermograms from an altitude of 1600 ft.

ii) Daytime photographs for track recovery. The photos should cover the same area on the ground as one or more (adjacent) thermograms. For example, a 70 mm film flown at 1600 ft with a 1.5 inch lens will cover one line, while 9 inch film flown at about 5,600 ft with a 6 inch lens will cover approximately four Daedalus scanner lines. The difference between such combination is one of convenience and cost since photo scale remains unchanged. Normal colour negative film (2445) is preferred.

4.2 Industrial projects

i) Nighttime thermograms from an altitude of 1600 ft.

ii) Daytime stereoscopic colour aerial photographs for two purposes: comparison of roof features on the thermogram and the photographs (i.e. interpretation) and preparing a print for presentation to building managers; the print may be in colour or black-and-white. The ground coverage of the photographs should approximate that of the scanner. These requirements may be satisfied in several ways, e.g. by using 70 mm normal colour negative film (2445), and subsequently generating a roll of positive transparencies for interpretation and black-and-white or colour prints for presentation. One may also expose a 70 mm normal colour positive film and then produce a negative copy for generating prints. As for residential projects, the normal colour film is preferred because of its flexibility.

de la liste puisqu'il n'est pas susceptible d'affecter les décisions sur l'acquisition des données. Il est entendu que cette liste doit servir les usagers qui veulent les données normales, et que n'importe quelle condition peut être ignorée dans le cas d'exigences explicites de l'utilisateur. La liste complète des spécifications est donnée en appendice.

4. Ensemble de données optimum

Si les données demandées varient de projet en projet, il n'en demeure pas moins que des expériences passées ont démontré que les programmes opérationnels tant industriels que résidentiels ont des exigences bien définies.

4.1 Projets résidentiels

i) Thermogrammes de nuit à partir d'une altitude de 1600 pieds.

ii) Photographie de jour pour relevé des lignes de vol. Les photos doivent couvrir la même région au sol qu'un ou plusieurs thermogrammes (adjacents). Par exemple, un film de 70mm à 1600 pieds avec une lentille de 1.5 pouces couvrira une ligne, alors qu'un film de 9 pouces, à 5,600 pieds avec une lentille de 6 pouces, couvrira approximativement quatre lignes du balayeur Daedalus. La différence entre les combinaisons en est une de commodité et de prix puisque l'échelle de la photo demeure inchangée. Les négatifs de couleur normale (2445) sont préférés.

4.2 Projets industriels

i) Thermogrammes de nuit à partir d'une altitude de 1600 pieds.

ii) Photographies aérienne stéréoscopique couleur prises le jour à deux fins: comparaison des caractéristiques des toits sur les thermogrammes et les photos (c'est à dire interprétation) et préparation d'une épreuve à présenter aux gérants d'immeubles. L'épreuve peut être en couleur ou en noir et blanc. La couverture au sol des photos doit approcher celle du dispositif de balayage. Ces exigences peuvent être satisfaites de différentes manières comme par exemple: en utilisant un négatif de 70mm de couleur normale (2445) pour produire ensuite un rouleau de transparentes positives pour l'interprétation et des épreuves couleur ou blanc et noir pour une présentation. On peut également exposer une pellicule positive en couleur de 70mm et ensuite produire une copie négative pour avoir les épreuves. Dans le cas des projets résidentiels, le film de couleur normale est préféré à cause de sa flexibilité.

iii) Daytime thermograms may be useful in some instances to resolve water/snow/ice/roof ambiguities. However, they do not appear essential for operational industrial projects.

As evident from the above discussion, all the photographic coverage requirements can be satisfied by a normal colour film; consequently false colour infrared film coverage is not necessary. This is useful because the normal colour film is easier to expose properly under marginal weather conditions. Whenever possible, negative films should be employed because the two-step processing allows adjustment in colour balance and exposure to achieve a satisfactory photographic product.

APPENDIX

Environmental Conditions For Heat Loss Data Acquisition

The conditions under which heat loss data acquisition is carried out may vary with special and specific users, but in general the following conditions should be followed as closely as possible.

1. Night flights should not begin until three hours after sunset and end before early morning dew or frost forms.
2. Not more than moderate cloud cover in order that night cooling can take place.
3. Ambient night air temperatures should not exceed + 3°C.
4. Surface winds should not exceed 10 knots.
5. Temperature-dew point spread should not be less than 4-5°C.
6. No precipitation in the previous 24 hours and roof tops essentially moisture free.
7. Black body settings are at operator's discretion. No constant temperature range is required.
8. Temperature inversions are not desirable but will be common. Thus it will probably be necessary to increase the scanner gain to offset the flattening effect of the inversion.

iii) Les Thermogrammes de jour peuvent être utiles dans certains cas pour résoudre les ambiguïtés dues à la présence d'eau, de neige ou de glace sur les toits. Toutefois, ils n'apparaissent pas essentiels pour les projets industriels opérationnels.

Toutes les photographies mentionnées ci-dessus peuvent être prises sur film couleur normal; par conséquent les films de fausse couleur infra-rouge ne sont pas nécessaires. Ceci est utile car le film couleur normal est plus simple à exposer sous des températures marginales. Si possible, les films négatifs devraient être utilisés parce que les deux étapes de développement permettent l'ajustement dans la pose et l'équilibrage de la couleur afin d'atteindre un produit photographique satisfaisant.

Appendice

Conditions d'environnement pour l'acquisition de données sur les pertes calorifiques

Les conditions sous lesquelles l'acquisition de données sur les pertes calorifiques est effectuée peuvent varier selon les usagers, mais en général, les conditions suivantes devraient être suivies soigneusement.

1. Les vols de nuit devraient commencer trois heures après le coucher du soleil, et se terminer avant l'apparition de la rosée du matin.
2. La couverture devra rester modérée de façon à ce que le rafraîchissement nocturne puisse avoir lieu.
3. Les températures nocturnes ambiantes ne devraient pas dépasser 3°C.
4. Les vents de surface ne devraient pas dépasser 10 noeuds.
5. Les températures de rosée ne devraient pas être au-dessus de 4 ou 5°C.
6. Aucune précipitation dans les dernières 24 heures, et les toits exempts d'humidité.
7. L'ajustage des corps noirs sont à la discrétion de l'opérateur. Aucun intervalle de température constante n'est requis.
8. Les inversions de température ne sont pas favorables mais seront courantes. Dans ce cas, il sera probablement nécessaire d'augmenter le gain de dispositif de balayage afin de compenser l'effet de l'inversion.

9. Where 2445 photography is requested during day flights, cloud cover is acceptable as long as sufficient light is available. Where 2443 photography is requested good sky conditions will be required.

9. Quand les photographies 2445 sont exigées pendant les vols de jour, les couvertures nuageuses sont tolérées aussi longtemps que l'éclairage nécessaire est disponible. Quand les photographies 2443 sont exigées, un ciel dégagé est obligatoire.

