【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第７部門第３区分
【発行日】令和2年4月23日(2020.4.23)

【公表番号】特表2019-512944(P2019-512944A)
【公表日】令和1年5月16日(2019.5.16)
【年通号数】公開・登録公報2019-018
【出願番号】特願2018-547891(P2018-547891)
【国際特許分類】
Ｈ０４Ｎ　9/09　(2006.01)
Ｇ０６Ｔ　5/50　(2006.01)
Ｈ０４Ｎ　5/225　(2006.01)
Ｈ０４Ｎ　5/232　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｈ０４Ｎ　9/09　Ｂ
Ｇ０６Ｔ　5/50
Ｈ０４Ｎ　5/225　８００
Ｈ０４Ｎ　5/225　３００
Ｈ０４Ｎ　5/232　２９０

【手続補正書】
【提出日】令和2年3月12日(2020.3.12)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１のスペクトル範囲をカバーすることが可能な少なくとも１つの第１の画像センサおよび前記第１のスペクトル範囲とは異なる第２のスペクトル範囲をカバーすることが可能な少なくとも１つの第２の画像センサを含んだ少なくとも１つのケーシングを含む装置を使用する画像処理方法（１０）であって、前記第１及び第２のセンサが、空間の同一領域の画像を形成することが可能であり、前記第１のセンサが、可視スペクトルの波長の範囲に属するスペクトル範囲をカバーすることが可能であり、
（ａ）前記第１の画像センサによって空間の前記所与の領域の第１の画像I_1を取得する工程（１２）と、
（ｂ）前記第２の画像センサによって空間の前記所与の領域の第２の画像I_2を取得する工程（１４）と、
（ｃ）少なくとも１つの輝度画像$I_{1\,L}$を得るように前記第１の画像I_1の分解を実行する工程と、
（ｄ）前記輝度画像$I_{1\,L}$と前記第２の画像I_2とのデジタル融合（２２）から生じる画像I_fを得る工程と、
（ｅ）前記融合画像I_fに色情報を加える工程と、
を伴う方法。
【請求項２】
前記工程（ｃ）の前に、前記第１の画像I_1及び最低解像度を有する前記第２の画像I_2の尺度を前記第１の画像及び前記第２の画像の一方の尺度に合わせる工程（１６）を伴うことを特徴とする、請求項１に記載の方法。
【請求項３】

前記工程（ｃ）の前に、前記第１の画像Ｉ$_{1}$のダイナミクスを前記第２の画像Ｉ$_{2}$のダイナミクスに適合させる工程（２０）を伴うことを特徴とする、請求項１又は請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記デジタル融合が、前記輝度画像Ｉ$_{1\ L}$及び前記第２の画像Ｉ$_{2}$の連続した数ｎの空間周波数への分解を実行する工程を含むことを特徴とする、請求項１～３のうちのいずれか１項に記載の方法。
【請求項５】
前記デジタル融合が、
（ｉ）前記輝度画像Ｉ$_{1\ L}$及び前記第２の画像Ｉ$_{2}$の連続した数ｎの空間周波数への、それぞれ
【数４９】

$$F_n^{1L} \text{ 及び } F_n^2$$

で示される、分解を実行する工程と、
（ii）数ｎの周波数成分と各々関連した画像
【数５０】

$$F_n^{1L}, F_n^2$$

の少なくともいくつかの領域におけるエネルギー計算を実行する工程と、
（iii）前の工程で実行された局所分析に基づいて、重み付け画像
【数５１】

$$P_n^{1L}, P_n^2$$

を前記数ｎの周波数成分と関連した画像
【数５２】

$$F_n^{1L}, F_n^2$$

毎に計算する工程と、
（iv）周波数成分と関連した画像
【数５３】

$$F_n^{1L}, F_n^2$$

毎に、以下の計算を実行する工程と、
【数５４】

$$\mathrm{F'_n}(x,y) = \mathrm{P_n^{1L}}(x,y) \cdot \mathrm{F_n^{1L}}(x,y) + \mathrm{P_n^2}(x,y) \cdot \mathrm{F_n^2}(x,y)$$

（ｖ）すべての前記空間周波数の融合された画像Ｉ$_{f}$を得るために、数ｎの周波数成分と各々関連したすべての前記画像Ｆ’$_{n}$の再結合を実行する工程と、
を伴うことを特徴とする、請求項１～４のうちのいずれか１項に記載の方法。
【請求項６】
前記空間周波数への分解が、以下の数式により、

【数５５】

$$F_n^{1L\text{又は}2} = G_n = G_{n-1} * S$$

$$\text{ここで } G_1 = I_e * S$$

（Ｓはローパスフィルタを示し、Ｉ $_e$ は入力画像

【数５６】

I_{1L}又は I_2

を示す）

各々の輝度画像Ｉ $_{1L}$ 及び第２の画像Ｉ $_2$ に平均化又はローパスフィルタを連続して適用する工程を伴うことを特徴とする、請求項４又は請求項５に記載の方法。

【請求項７】

前記工程（ii）が、以下の式により、

【数５７】

$$E_n^{1L\text{又は}2}(x,y) = \mathrm{Var}\left(F_n^{1L\text{又は}2}\left(\left[x-\frac{k_x}{2}, x+\frac{k_x}{2}\right], \left[y-\frac{k_y}{2}, y+\frac{k_y}{2}\right]\right)\right)$$

（式中、ｋ $_x$ 及びｋ $_y$ は分析ウィンドウの尺度を表す）

エネルギーを計算する工程を伴うことを特徴とする、請求項５又は請求項５に係る請求項６に記載の方法。

【請求項８】

前記重み付け画像

【数５８】

P_n^1, P_n^2

が、以下のようにして

【数５９】

$$P_n^{1L}(x,y) = \frac{\Delta E_n^{\max}(x,y) + \Delta E_n(x,y)}{2 \cdot \Delta E_n^{\max}}$$

$$P_n^2(x,y) = \frac{\Delta E_n^{\max}(x,y) - \Delta E_n(x,y)}{2 \cdot \Delta E_n^{\max}}$$

$$\text{ここで、} \Delta E_n(x,y) = E_n^{1L}(x,y) - E_n^2(x,y) \text{ 及び } \Delta E_n^{\max} = \max\left(\Delta E_n(x,y)\right)$$

得られることを特徴とする、請求項７に記載の方法。

【請求項９】

前記再結合工程が、以下の計算

【数６０】

$$I_f = \sum_{n=1}^{h} F'_n$$

（式中、ｈは周波数成分の数を表す）
を実行する工程を伴うことを特徴とする、請求項５または請求項５に係る請求項６～８のうちのいずれか１項に記載の方法。
【請求項１０】
前記工程（ｃ）が、前記第１の画像Ｉ$_{1}$の輝度画像Ｉ$_{1\ L}$並びに２つの色差画像
【数６１】
I_{1C_b} 及び I_{1C_r}

への分解を実行する工程を伴うことを特徴とする、請求項１～９のうちのいずれか１項に記載の方法。
【請求項１１】
前記工程（ｅ）が、前記融合画像Ｉ$_{f}$を前記色差画像
【数６２】
I_{1C_b} 及び I_{1C_r}

と合計する工程を伴うことを特徴とする、請求項１０に記載の方法。
【請求項１２】
前記第１のセンサが、０．４μｍと１．１μｍとの間に属するスペクトル範囲をカバーすることが可能であることを特徴とする、請求項１～１１のうちのいずれか１項に記載の方法。
【請求項１３】
前記第２のセンサが、赤外波長の範囲に属する第２のスペクトル範囲をカバーすることが可能であることを特徴とする、請求項１～１２のうちのいずれか１項に記載の方法。
【請求項１４】
前記第２のセンサが、７．５μｍと１４μｍとの間に属するスペクトル範囲をカバーすることが可能であることを特徴とする、請求項１３に記載の方法。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の詳細な説明】
【発明の名称】画像処理方法
【技術分野】
【０００１】
分野
本発明は、観察される空間の所与の領域の判別分析を目的とした画像処理方法に関する。判別分析は、例えば、脅威検出からなることができる。
【０００２】
発明の背景
オペレーションの分野では、昼間及び、特に夜間の、明度の低い期間に利用可能な光学脅威検出ツール／装置を有することが必要であり得る。
【０００３】
２つの画像センサを収容するケーシングを含む装置であって、第１の画像センサが、第１のスペクトル範囲をカバーすることが可能であり、第２の画像センサが、第１のスペクトル範囲とは異なる第２のスペクトル範囲をカバーすることが可能である装置であり、第１及び第２の画像センサが、空間の同一の所与の領域の画像を形成することが可能であり、処理手段が、第１のセンサ及び／又は第２のセンサから得られた画像に基づいて前記領

域に位置する脅威を検出することが可能である装置は公知である。
【０００４】
異なるスペクトル範囲をカバーすることが可能ないくつかの画像センサの使用により、多数の脅威、特に非常に異なる波長を有する脅威、の検出が可能になる。第１のセンサ及び／又は第２のセンサによって検出されるかどうかに応じて、いくつかのタイプの脅威を区別することも可能である。
【０００５】
しかしながら、このタイプの装置において実施される処理手段では、夜間に遭遇するような、低い明度の条件下における使用が可能ではなく、その結果、センサによって通常表示されるデータが観察者にとって十分ではないことが判明している。
【０００６】
本発明は、特に、単純、効果的、かつ経済的にこれらの欠点を回避することを目的とする。
【０００７】
概要
この目的のために、第１のスペクトル範囲をカバーすることが可能な少なくとも１つの画像センサおよび第１のスペクトル範囲とは異なる第２のスペクトル範囲をカバーすることが可能な少なくとも１つの第２の画像センサを含んだ少なくとも１つのケーシングを含む装置を使用して画像を処理する方法であって、第１及び第２のセンサが、空間の同一領域の画像を形成することが可能であり、第１のセンサが、可視スペクトルの波長の範囲に属するスペクトル範囲をカバーすることが可能であり、
（ａ）第１の画像センサによって空間の前記所与の領域の第１の画像I_1を取得することと、
（ｂ）第２の画像センサによって空間の前記所与の領域の第２の画像I_2を取得することと、
（ｃ）少なくとも１つの輝度画像I_{1L}を得るように第１の画像I_1の分解を実行することと、
（ｄ）輝度画像I_{1L}と第２の画像I_2とのデジタル融合から生じる画像I_fを得ることと、
（ｅ）融合画像I_fに、又は融合工程（ｄ）の間に、色情報を加えることと、
を伴う方法を提供する。
【０００８】
２つの画像（この場合にはI_{1L}及びI_2）のデジタル融合は、画素レベル融合を意味し、すなわち、融合が、画像の画素値に基づいて、各々の画像全体に直接実行される。
【０００９】
従来技術の画像処理方法とは異なり、本発明は、それぞれ可視範囲で得られた第１の画像I_1及び例えば赤外線範囲で得られた第２の画像I_2の各々のデータ量を分析すること、これらの画像を新しい融合画像I_fにデジタル融合すること、並びに色情報を加えることを提供する。これにより、得られる最終画像は、可視波長に対する高い感度のために、人間の眼によって容易に解釈可能な色情報を含んだ画像をユーザに復元することを可能にする。
【００１０】
別の特徴によれば、方法は、工程（ｃ）の前に、第１の画像I_1及び最低解像度を有する第２の画像I_2の尺度を第１の画像及び第２の画像の一方の尺度に合わせることを伴う。
【００１１】
この変形工程は、更に、演算子による最低解像度を有する画像の拡大、回転、オフセット、及び幾何収差の補正の実行を目的とする。
【００１２】
工程（ｃ）の前に、方法はまた、第１の画像のダイナミクスを第２の画像のダイナミク

スに適合させることを伴う。
【００１３】
ダイナミクスを合わせることは、基本的に、第１及び第２の画像を比較可能にして、後続の工程における最大量のデータの画像からの抽出を可能にすることを目的とする。
【００１４】
本発明の特定の一実施形態によれば、デジタル融合は、輝度画像Ｉ$_{1\ L}$及び第２の画像Ｉ$_{2}$の連続した数ｎの空間周波数分解を実行する工程を含む。
【００１５】
これらの周波数分解により、輝度の画像Ｉ$_{1\ L}$及び第２の画像Ｉ$_{2}$の各々の内容を局所的に、すなわち分析される各々の画素のレベルで解釈することが可能になる。
【００１６】
方法の別の特徴によれば、デジタル融合工程は、
（ｉ）輝度画像Ｉ$_{1\ L}$及び第２の画像Ｉ$_{2}$の連続した数ｎの空間周波数への、それぞれ
【数１】

$$F_n^{1L} \text{ 及び } F_n^2$$

で示される、分解を実行することと、
（ii）数ｎの周波数成分と各々関連した画像
【数２】

$$F_n^{1L}, F_n^2$$

の少なくともいくつかの領域におけるエネルギー計算を実行することと、
（iii）前の工程で実行された局所分析に基づいて、重み付け画像
【数３】

$$P_n^{1L}, P_n^2$$

を数ｎの周波数成分と関連した画像
【数４】

$$F_n^{1L}, F_n^2$$

毎に計算することと、
（iv）周波数成分と関連した画像
【数５】

$$F_n^{1L}, F_n^2$$

毎に、以下の計算を実行することと、
【数６】

$$F'_n(x,y) = P_n^{1\mathrm{L}}(x,y) \cdot F_n^{1\mathrm{L}}(x,y) + P_n^2(x,y) \cdot F_n^2(x,y)$$

（ｖ）すべての空間周波数の融合された画像Ｉ$_{f}$を得るために、数ｎの周波数成分と各々関連したすべての画像Ｆ’$_{n}$の再結合を実行することと、
を伴う。
【００１７】
本発明によれば、輝度画像Ｉ$_{1\ L}$と第２の画像Ｉ$_{2}$とのデジタル融合は、人間の眼によ

って実行されるように、画像の周波数分析及びコントラストに基づく。
【００１８】
方法の特定の一実施形態では、空間周波数への分解は、以下の数式により、各々の輝度画像Ｉ$_{1L}$及び第２の画像Ｉ$_{2}$に平均化又はローパスフィルタを連続して適用することを伴う：
【数７】

$$F_n^{1L\text{又は}2} = G_n = G_{n-1} * S$$

$$\text{ここで } G_1 = I_e * S$$

Ｓはローパスフィルタを示し、Ｉ$_{e}$は入力画像
【数８】

I_{1L} 又は I_2

を示す。
【００１９】
実際には、最高周波数を含む画像
【数９】

$F_n^{1L\text{又は}2}$

は、
【数１０】

$F_1^{1L\text{又は}2}$

で表され、及び最低周波数を含む画像は、
【数１１】

$F_h^{1L\text{又は}2}$

で表され、ｈは入力画像Ｉ$_{e}$に適用された畳み込み演算の数を表す。
【００２０】
同様に、本発明の実用的な実施形態では、工程（ｉｉ）は、以下の式により、エネルギーを計算することを伴う：
【数１２】

$$E_n^{1L\text{又は}2}(x,y) = \mathrm{Var}\left(F_n^{1L\text{又は}2}\left(\left[x-\frac{k_x}{2}, x+\frac{k_x}{2}\right], \left[y-\frac{k_y}{2}, y+\frac{k_y}{2}\right]\right)\right)$$

式中、ｋ$_{x}$及びｋ$_{y}$は分析ウィンドウの尺度を表す。
【００２１】
このエネルギーは、尺度ｋ$_{x}$×ｋ$_{y}$のウィンドウにおける局所分散として計算される。
【００２２】

【数１３】

重み付けされた画像 P_n^1, P_n^2 は、以下のようにして得られ得る:

$$\mathrm{P_n^{1L}}(x,y) = \frac{\Delta \mathrm{E_n^{max}}(x,y) + \Delta \mathrm{E_n}(x,y)}{2 \cdot \Delta \mathrm{E_n^{max}}}$$

$$\mathrm{P_n^{2}}(x,y) = \frac{\Delta \mathrm{E_n^{max}}(x,y) - \Delta \mathrm{E_n}(x,y)}{2 \cdot \Delta \mathrm{E_n^{max}}}$$

ここで、$\Delta \mathrm{E_n}(x,y) = \mathrm{E_n^{1L}}(x,y) - \mathrm{E_n^{2}}(x,y)$ 及び $\Delta \mathrm{E_n^{max}} = \max\big(\Delta \mathrm{E_n}(x,y)\big)$,

$$\mathrm{P_n^{1\,又は\,2}}(x,y)\epsilon[0,1]$$

【００２３】

このように定められた重み付け演算子により、関連性に応じて、可視スペクトルの第１の画像又は第２の赤外線画像から導かれるデータを優先することが可能になる。エネルギーが画像

【数１４】

$\mathrm{F}_n^{1\mathrm{L}}$ 及び F_n^{2}

において等価である場合には、重み付け演算子は、エネルギーが異なると判明する場合とは異なり、画像の両方を等価に表すことになる。

【００２４】

最後に、再結合工程は、以下の計算を実行することを伴う：

【数１５】

$$I_f = \sum_{n=1}^{h} F'_n$$

式中、ｈは周波数成分の数を表す。

【００２５】

色が観察者にとって判別／識別の重要な側面を有するときは、観察接眼レンズにおいて表示された最終画像の比色分析を修正しないことが好ましい場合がある。

【００２６】

このため、工程（ｃ）は、好ましくは、第１の画像I_{1}の輝度画像$\mathrm{I}_{1\,\mathrm{L}}$並びに２つの色差画像

【数１６】

$\mathrm{I}_{1\mathrm{C_b}}$ 及び $\mathrm{I}_{1\mathrm{C_r}}$

への分解を実行することを伴う。工程（ｅ）は、次いで、融合画像I_{f}を色差画像

【数１７】

I_{1C_b} 及び I_{1C_r}

と再結合又は再合成することを伴う。

【００２７】

実用的な実施形態では、第１のセンサは、０．４μｍと１．１μｍとの間に属するスペクトル範囲をカバーすることが可能である。

【００２８】
本発明の別の特徴では、第２のセンサは、赤外波長の範囲に属する第２のスペクトル範囲をカバーすることが可能である。
【００２９】
第２のセンサは、７．５μｍと１４μｍとの間に属するスペクトル範囲をカバーすることが可能であり得る。
【００３０】
本発明の他の詳細、特徴、及び利点は、以下の添付の図面を参照しながら、非限定的な例として与えられる以下の説明を読むことで明らかになるであろう。
【図面の簡単な説明】
【００３１】
【図１】本発明による方法を使用して実行される主な処理工程のフローチャートである。
【図２】デジタル融合工程の間に実行される主な処理工程のフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００３２】
本発明による画像取得及び処理の原理を示す図１を最初に参照する。本発明による画像処理方法は、異なるスペクトル範囲をカバーすることが可能な少なくも２つの画像センサを収容したケーシングを含む装置において実施されることが意図される。
【００３３】
したがって、一例として、ケーシングは、可視範囲に位置する０．４μｍと１．１μｍとの間に含まれるスペクトル範囲をカバーすることが可能な第１の画像センサ及び赤外線範囲に位置する７．５μｍと１４μｍとの間に含まれるスペクトル範囲をカバーすることが可能な第２の画像センサを含む。両方のセンサは、空間の同一領域の画像を形成することが可能なようにケーシングに配列される。
【００３４】
本発明による方法１０は、第１のセンサを使用して空間の所与の領域の１２における第１の画像I_1を取得すること、及び第２のセンサを使用して空間の同一領域の１４における第２の画像I_2を取得することを伴う。
【００３５】
最初に、第２の画像I_2が、１６において第１の画像I_1に関する再較正を受ける。この選択は、基本的に使用されたセンサの尺度による。一般に、第２のセンサのような赤外線センサは、第１のセンサのような可視範囲のセンサよりも低い解像度を有する。例えば、第１のセンサは１０ビット１２８０×１０２４画素の画像解像度を有することができ、第２のセンサは１４ビット６４０×４８０画素の画像解像度を有することができる。したがって、再較正は、最良に定められた第１のセンサの解像度を維持するために、第１のセンサによって得られた第１の画像の解像度に対応するように、第２のセンサによって得られた第２の画像の解像度を合わせることを基本的に伴う。
【００３６】
この再較正工程はまた、達成倍率、回転、オフセット、及び幾何収差を考慮に入れて画像の完全な変形を実行することを伴う。再較正を実行するために、第１及び第２のセンサの光学系の光軸の実質的に平行な位置のような、事前情報が使用され得る。更に、第２の画像I_2になされる補正が最小限であると想定することが可能である。
【００３７】
第１の画像I_1の取得直後に実行され得る別の工程１８の間に、第１の画像I_1の輝度画像I_{1L}並びに２つの色差画像
【数１８】
$$I_{1C_b} \text{ 及び } I_{1C_r}$$

への分解が実行される。画像I_1はモデル画像（ＲＧＢ）であるので、このモデル画像（

ＲＧＢ）は、３つの成分、すなわち輝度成分及び２つの色差成分を有する色空間を定めたモデルの画像に変換されることを必要とする。各々の画素の値は、Ｒ、Ｇ、及びＢチャンネル毎に０と２５５との間で変化する。

【００３８】

使用され得るモデルの一例は、Ｙ'ＣｂＣｒモデルである。Ｙ'ＰｂＰｒモデル、Ｙ'ＵＶモデル、ＴＳＬモデル、又はＬａｂモデルのような他のモデルが、使用されてもよい。一般的に、１つの輝度成分及び２つの色差成分が得られる任意のモデルが使用され得る。

【００３９】

１つの輝度成分I_1並びに２つの色差成分

【数１９】

$$I_{1C_b} \text{ 及び } I_{1C_r}$$

へのモデル画像（ＲＧＢ）の変換をＹ'ＣｂＣｒモデルに従って実行することができる計算が、非限定的な例としてここで提供される。

【００４０】

例えば、画像I_1は、以下の画像に分解される：

－以下の数式によって計算されたI_{1L}で示される輝度画像：

【数２０】

$$I_{1L} = 0{,}299\,R + 0{,}587\,G + 0{,}114\,B,$$

－以下の数式によって計算された色差画像

【数２１】

$$I_{1C_b}$$

：

【数２２】

$$I_{1C_b} = 0{,}1687\,R - 0{,}3313\,G + 0{,}5\,B + 128,$$

－以下の数式によって計算された色差画像

【数２３】

$$I_{1C_r}$$

：

【数２４】

$$I_{1C_r} = 0{,}5\,R - 0{,}4187\,G - 0{,}0813\,B + 128.$$

【００４１】

このモデル（ＲＧＢ）及びＹ´ＣｂＣｒの場合には、チャンネル毎の画素値は、０と２５５との間で変化する。

【００４２】

次の工程２０の間に、方法は、画像I_{1L}のダイナミクスを第２の画像I_2と合わせる。先に言及されたように、第１及び第２の画像は同じダイナミクスで取得されず、例えば第１の画像については１０ビット、第２の画像については１４ビットになる。したがって、比較することができる第１及び第２の画像の各々に関する情報を得ることが可能な同じスケールに第１及び第２の画像を導くことが重要である。実際には、ダイナミクスを合わ

せることで、第２の画像Ｉ$_{2}$と輝度画像Ｉ$_{1\ L}$及び２つの色差画像
【数２５】
$$I_{1C_b}, I_{1C_r}$$

のダイナミクスを合わせることが可能になる。
【００４３】
次の工程２２の間に、第２の画像Ｉ$_{2}$と輝度画像
【数２６】
$$I_{1C_b}$$

の融合が実行され、それにより、画像Ｉ$_{f}$が得られる。
【００４４】
最後に、１つ又は２つの最終工程２４において、色情報を含む融合された最終画像を３０において得るように、色情報が融合画像Ｉ$_{f}$に加えられる。
【００４５】
実際の融合工程２２は、図２を参照にしてここで詳細に説明される。
【００４６】
輝度画像Ｉ$_{1\ L}$及び第２の画像Ｉ$_{2}$の各々の内容を局所的に、すなわち分析される各々の画素のレベルで解釈することが可能であるように、空間周波数への分解が実行される。したがって、空間周波数への分解は、輝度画像Ｉ$_{1\ L}$及び第２の画像Ｉ$_{2}$に対して実行される。再較正しダイナミクスを合わせた後に得られる画像である画像Ｉ$_{1\ L}$及びＩ$_{2}$をここで参照する。
【００４７】
一般的に、第１の空間周波数Ｆ１（最高周波数）を得るために、ｍ×ｍ画素のウィンドウの単純な局所平均の形、すなわちガウシアン形状を表す係数によって続いてこの同じ計算ウィンドウの画素を重み付けするガウシアン形状の形をとることができる平均化又は「ローパス」フィルタＫによって、画像は、初めに、畳み込みによりフィルタリングされる。「ローパスフィルタリングされた」画像Ｇ$_{1}$を暗示する「フィルタリングされた」は、以下のように得られる：
【数２７】
$$\mathrm{G_1 = I_e * S}$$

【００４８】
このフィルタリングされた画像は、原画像から減算される。高周波数のみを含む画像Ｆ１が、この場合に得られる：
【数２８】
$$\mathrm{F_1 = I_e - G_1 = I_e - (I_e * S)}$$

【００４９】
第２の空間周波数Ｆ$_{2}$は、前のパターンを複製し、入力画像として前のフィルタリングされた画像Ｆ$_{1}$を使用することによって得られる。したがって、このフィルタリングされた画像は、前と同じローパスフィルタを使用して再度フィルタリングされ、画像Ｆ$_{2}$が差によって得られる：
【数２９】
$$\mathrm{F_2 = G_1 - G_2 = G_1 - (G_1 * S)}$$

【００５０】
反復により、以下の数式が得られる。

【数３０】

$$G_{n+1} = (G_n * S) \quad \text{及び} \quad F_{n+1} = G_n - (G_n * S)$$

【００５１】

最後の周波数ｈは、最後の畳み込みによって表され、画像の局所平均レベルを表すことになる：

【数３１】

$$F_h = G_h = G_{h-1} * S$$

【００５２】

したがって、以下のようになる。

【数３２】

$F_n^{1L} = G_{n-1} * S$ with $G_1 = I_{1L} * S$ 及び $F_n^2 = G_{n-1} * S$ with $G_1 = I_2 * S$.

【００５３】

第２の処理工程の間に、周波数成分

【数３３】

F_n^{1L} 及び F_n^2

の各々の画像の領域の少なくともいくつかにおけるエネルギー計算が実行される。観察者に対するデータの瞬時応答を可能にするリアルタイム処理に対応した分析の実行がここで選択される。このため、画像

【数３４】

F_n^{1L} 及び F_n^2

の各々のエネルギーの比較による分析が実行される。この分析は、分析される画素を中心とした尺度ｋｘ×ｋｙのウィンドウにおける局所分散を計算することを伴い、以下の数式がもたらされる：

【数３５】

$$E_n^{1L}(x,y) = \mathrm{Var}\left(F_n^{1L}\left(\left[x - \frac{k_x}{2}, x + \frac{k_x}{2}\right], \left[y - \frac{k_y}{2}, y + \frac{k_y}{2}\right]\right)\right)$$

及び,

$$E_n^{2}(x,y) = \mathrm{Var}\left(F_n^{2}\left(\left[x - \frac{k_x}{2}, x + \frac{k_x}{2}\right], \left[y - \frac{k_y}{2}, y + \frac{k_y}{2}\right]\right)\right)$$

【００５４】

次の工程の間に、方法は、前の工程で実行された局所分析に基づいて、重み付け画像

【数３６】

P_n^{1L}, P_n^2

を数ｎの周波数成分と関連した画像

【数３７】

F_n^{1L}, F_n^2

毎に計算する。この目的のために、これらのエネルギーの差が計算される：
【数３８】

$$\Delta E_n(x,y) = E_n^{BNL}(x,y) - E_n^{IR}(x,y)$$

【００５５】
最大値が、続いて計算される：
【数３９】

$$\Delta E_n^{max} = \max\left(\Delta E_n(x,y)\right)$$

【００５６】
次に、重み付け画像が、以下のように重み付けして、周波数成分毎に計算される：
【数４０】

$$P_n^{1L}(x,y) = \frac{\Delta E_n^{max} + \Delta E_n(x,y)}{2 \cdot \Delta E_n^{max}}$$

$$P_n^{2}(x,y) = \frac{\Delta E_n^{max} - \Delta E_n(x,y)}{2 \cdot \Delta E_n^{max}}$$

$$\text{with } P_n(x,y) \in [0,1]$$

【００５７】
空間周波数
【数４１】
$P_n^{1L}(x,y)$ 及び $P_n^{2}(x,y)$

毎の重み付け画像が、それぞれの画像
【数４２】
F_n^{1L} 及び F_n^{2}

に続いて適用されて、以下の数式によって最後に合計される：
【数４３】

$$F'_n(x,y) = P_n^{1L}(x,y) \cdot F_n^{1L}(x,y) + P_n^{2}(x,y) \cdot F_n^{2}(x,y)$$

【００５８】
したがって、数ｎの空間周波数に対する合成画像Ｆ'ｎ（ｘ，ｙ）は、適用された重み付けのため、最も多くの情報を含む画像
【数４４】
F_n^{1L} 又は F_n^{2}

に近い。
【００５９】
空間周波数の再合成は、工程１の逆処理である。したがって、最低周波数ｈ、すなわち上で説明された分解から得られた最後の周波数から始まり、以下のようになる：
【数４５】

$$G'_h = F'_h$$

【００６０】
再合成は、前の空間周波数を使用して、続いて実行される：

【数４６】

$$G'_{h-1} = F'_{h-1} + G'_h$$

【００６１】

I_fが再結合の結果である場合、以下のようになる：

【数４７】

$$I_f = G_0 = \sum_{n=1}^{h} F'_n$$

式中、ｈは周波数成分の数を表す。

【００６２】

融合画像I_fを得た後に、方法は、融合画像I_fに色情報を加える。

【００６３】

したがって、方法は、第１のセンサの色を使用する。この目的のために、上で言及されたようにダイナミクスが合わせられた色差画像

【数４８】

I_{1C_b} 及び I_{1C_r}

と融合画像I_fを合計するか又は再合成することによって、色情報は加えられる。

【００６４】

実際には、観察される領域の明度のレベルが減少するにつれてこのタイプの色情報の追加は重要ではなくなると判明していることが理解される。実際に、色差画像から導かれる色情報は、徐々に減少することになる。

【００６５】

情報目的のために繰り返され、従来技術から周知であるが、暗さのレベルが下の表によって長い間標準化されていることに留意しなければならない。

【表１】

暗さのレベル	1	2	3	4	5
光源					
	満月	半月	三日月	明るい星空	雲で覆われた空
値（ミリルクス）	1000 ⇔ 40	40 ⇔ 10	10 ⇔ 2	2 ⇔ 0.7	0.7 ⇔ 0

【００６６】

上の表に示される単位は、国際単位系の単位であるルクスであり、１ルクス＝cd・sr・m^{-2}である。この表は照度に応じた暗さレベル値を示し、空のタイプが各々の暗さレベルと関連している。