HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Image-Value ペアに基づく遺伝的プログラミングを用いた画像処理プログラムの自動生成に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	土居, 意弘
Citation	北海道大学. 博士(情報科学) 甲第11939号
Issue Date	2015-06-30
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/59677
Rights(URL)	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Munehiro_Doi_review.pdf (審査の要旨)

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　　氏名　土居　意弘

審査担当者　主　査　教　授　山本 強
副　査　教　授　荒木 健治
副　査　教　授　長谷山 美紀
副　査　教　授　坂本 雄児
副　査　准教授　土橋 宜典

学位論文題名

Image-Value ペアに基づく遺伝的プログラミングを用いた 画像処理プログラムの自動生成に関する研究

（Studies on Automatic Generation of Image Processing Programs by using Genetic Programming based on Image-Value Pairs.）

遺伝的プログラミングは、生物の進化過程を模擬することで目的とするプログラムを得るプログラムの自動生成フレームワークである.1 つのプログラムを個体として考えて, ランダムに生成された多数の個体を初期世代とし, よいプログラムの選択, あるいは交叉, 突然変異といった遺伝的操作を行って次の世代を作成することを繰り返していく. プログラムの良さは, 応用課題ごとに決められた適合度関数で測られる. 適合度関数とは, トレーニング用データを入力としてプログラムを実行し, 期待する結果に近ければ高い適合度を与えるような単調関数である.

実用的には互いにトレードオフ関係になるような複数の目的が存在することが多く, その場合は適合度をベクトルとして取り扱う必要がある. このような状況に対応するため, 多目的遺伝的アルゴリズムが提案されている. 特に, パレート最適とエリート戦略を用いる手法が主流となっている. パレート最適とは, 他の個体と比べて適合度ベクトルのすべての要素で劣ることがないことである. パレート最適な解は複数存在しうるため, 多目的遺伝的アルゴリズムの最適解は集合となる. エリート戦略とは, 前世代の優良個体は強制的に次世代に引き継ぐという選択アルゴリズムである. 遺伝的プログラミングは, 個体の表現方法と遺伝的操作が異なるほかは, 遺伝的アルゴリズムとフレームワークの多くを共有している. そのため, 多目的遺伝的アルゴリズムを遺伝的プログラミングに容易に応用可能である.

遺伝的プログラミングでは, プログラムを多種のサブルーチンを木構造に連結したものとして考える. 画像処理プログラムは一般に画像データだけでなく数値データを取り扱う必要があるが、複数のデータ型を持つプログラムの生成は, サブルーチンの接続関係に制約が発生するため, 従来困難であった.

遺伝的プログラミングを用いた画像処理の自動生成には, 青木らの ACTIT をはじめとする一連の研究がある.ACTIT は画像フィルタのみで構成されたプログラムを自動生成し良好な結果を得ている. その後, 数値フィルタの導入やループを持つプログラムの生成に拡張を行ったが, サブルーチンの順序制約を考慮して遺伝的操作を行わなければならないことや, プログラムサイズを予め設定するため十分な探索が行えない可能性がある課題がある.Krawiec は,Linear Genetic Programming

を用いて, 画像特徴量を計算するプログラムの自動生成を行った. 画像データと数値データの両方を扱うことができるが, 一次元配列で木構造処理をシミュレートする Linear Genetic Programming を用いているため, プログラムサイズの制約がある.Montana は, 遺伝的プログラミングで複数の型を扱うための拡張方法を提案しているが, 遺伝的操作が非常に複雑になってしまう課題がある.　本論文では,Image-Value ペア (Image-Value Pair, IV ペア) という概念を導入し, 画像と数値を扱うプログラムの生成を, 遺伝的操作やプログラムサイズの制約なく実現する方法を提案する. 提案手法では, 生成するプログラムは,Image-Value ペアを入出力とする Image-Value フィルタを組み合わせたものと定義する. 遺伝的操作を行う場合は,Image-Value ペアという一種類のデータ型だけを取り扱えばよいため, 接続制約問題は原理的に存在しない. また,Linear Genetic Programming ではなく一般の木構造で表現できるため, 遺伝的操作に伴うプログラムサイズの増減についても制約がない.

適合度を評価する場合は,Image-Value フィルタが内包する 2 つの内部フィルタそれぞれに, 入力された全 Image-Value ペアを入力し, 各内部フィルタの出力を再度ペアにして,Image-Value フィルタの出力とする. ただし, すべての内部フィルタが, 入力 Image-Value ペアの全要素を利用するわけではないため, 出力結果が利用されない内部フィルタは予め計算から除外することで, 実行時間を大幅に短縮することができる. このように, 個体遺伝子の一部として存在しているが計算結果が出力に影響を与えない部分を, 遺伝学から言葉を借りてイントロンと呼んでいる. イントロンの存在自体は遺伝的操作による個体の破壊を緩和する意味があるとも考えられているが, イントロンの計算は無駄であるため避けるべきである. 提案手法は, イントロンの計算を事前に除外できる特徴がある.

提案手法を, 実際の課題に適用し, 入力画像と期待する出力画像, および遺伝的プログラミングのパラメータを与えることで, 未知画像に対しても頑健な性能を示すプログラムを自動生成できることを確認した. 第一の応用例として自然画像の背景除去フィルタを生成する課題に適用した. 未知画像を処理させた場合に, 期待結果との PSNR を ACTIT と比較した場合において, 平均的な性能は維持したまま, 最悪値を大幅に改善する結果を得た. また, 第二の応用例として画像クラス分け課題に適用した. 画像を事前に定めたクラスにわけるプログラムおよびクラス特化型背景除去フィルタをそれぞれ自動生成させ, 両者を組み合わせた強化型背景除去フィルタを作成した. 強化型は, 第一の応用例で生成したフィルタに比べて, 平均性能が 18.6% 向上した.

これを要するに, 著者は, 遺伝的プログラミングによる画像処理プログラムの自動生成において Image-Value ペアの概念を導入し、未知画像に対しても頑健な性能を示すプログラムが自動生成できることを確認し、実際に自然画像の背景除去フィルタの生成を行い有益な新知見を得たものであり, 情報科学分野の発展に貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める.