

Set-support をもつ重み付き双極議論フレームワーク上の 評価値計算

Evaluation of Arguments on Weighted Bipolar Argumentation Framework with Set-Support

西鼻 洸佑^{1*} 高橋 和子¹
Kosuke Nishihana¹ Kazuko Takahashi¹

¹ 関西学院大学院理工学研究科

¹ Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

Abstract: This report describes a method for computing a strength of an argument on Weighted Bipolar Argumentation Framework. We propose a method on WBAF with support and attack relation between arguments, and extend it to the one with a set-support. In our method, first, the strength regarding support relations is computed, and the arguments connected by support relations are combined into a meta-argument. Then, the strength regarding attack relations is computed on a meta-WBAF. We describe the method and show its characteristics.

1 はじめに

議論は、その参加者が自分の視点からの意見や主張を相手とやり取りすることで合意したり相手を納得させるために行われる。しかし、自然言語でやりとりされるため、内容の複雑化、長大化によってどの発言がどの発言に対してのものか、どの発言が重要なかが不明瞭となる傾向にある。抽象議論フレームワーク (AF) は議論の中身を無視して議論の構造や論証同士の関係のみに着目し、議論を抽象的に表現することで、どの論証が最終的に受理されるのかを定式化したものである [6]。AF は論証をノード、論証間の関係をエッジとしたグラフ構造で表現できるため、論証同士の関係を視覚的に捉えることができ議論の全容を把握しやすい。そのため、対話に関係する様々な場面への適用が考えられる。

AF では論証間の関係として攻撃関係のみを扱っているが、支持関係も導入した双極議論フレームワーク (BAF) が考案され、より適切な議論構造を表せるようになった [1]。

例 1. 以下の会話を考える。

- A 「明日山に行こう」
- B 「山は暑いから行きたくない」
- C 「明日は曇りでありあまり暑くないようだ」
- D 「外出してリフレッシュするのがいいね」

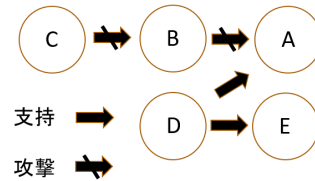


図 1: BAF

E 「明日ドライブに行こう」

この会話では A の発言に対して B が反論しており、さらに C がそれに反論している。一方、D は A に賛成意見を述べていると同時に E にも賛成している。この会話を BAF としてグラフで表現すると図 1 のようになる。会話がこれで終了すると、B は排除され、A、C、D、E は受け入れられることになる。

このように、BAF によって会話や議論の構造が明確に表現できる。しかし BAF では受理される論証はわかるが、どの論証がどの程度重要なか比較ができない。例 1 では A と E はどちらも受理されるが、その度合いまではわからない。これを解決するために重み付き BAF とその上での論証の受理可能性の度合い (強さ) を計算する手法が提案されている [2, 4, 3, 7, 5]。しかし、これらの手法を実際の議論に応用させるには二つの問題点がある。

一つ目は、論証 B が論証 A を攻撃し、論証 C が論証 B を攻撃しているときの A の強さの計算方法であ

*連絡先: 関西学院大学理工学研究科情報科学専攻
〒 669-1337 兵庫県三田市学園 2-1
E-mail: dtc10134@kwansai.ac.jp

る。C は A を直接支持してはいないが議論上での扱いとしては A への支持と見なせる。C が B よりも強い意見ならば A の強さは増すと考えるのが自然だが、既存の手法では弱められてしまう。二つ目は、複数の論証がそろってはじめてある論証を支持するような場合を考慮していないことである。

そこで本研究では、これらを解決するために重み付き BAF 上で論証の評価値を計算する新しい手法を提案する。論証の評価値は、その論証が自分にとってどの程度信頼できるかの度合いを示すもので、対象となる論証を受理させたいときにどの議論筋を辿ればよいかの指標になる。提案手法では、対象となる論証を中心として支持関係が与える影響を先に計算し、そのあと攻撃関係が与える影響を計算する手順をとることで、一つ目の問題を解決し、支持関係を複数の論証から一つの論証への関係として定義することで二つ目の問題を解決する。

本発表の構成は以下の通りである。2章では議論の基本概念に続き論証の評価値の基本的な計算方法を述べる。3章では支持関係の定義を拡張した重み付き BAF の上での評価値の計算方法を述べる。4章では提案手法の妥当性を議論する。最後に5章でまとめと今後の課題を述べる。

2 評価値計算方法

2.1 基本概念と方針

まず攻撃、支持がともに論証間の関係となっている単純な重み付き議論フレームワークを定義する。

定義 1 (WBAF). 重み付き双極議論フレームワーク (WBAF) は 4 項組 $\langle AR, ATT, SUP, w \rangle$ で定義される。ここで、 AR は論証の集合、 $ATT \subseteq AR \times AR$ は攻撃関係の集合、 $SUP \subseteq AR \times AR$ は支持関係の集合、 w は AR から実数への関数である。

特に $ATT = \{\}, SUP = \{\}$ である WBAF をそれぞれ $WBAF_s, WBAF_a$ と記述する。また本稿で扱う WBAF はいずれも木構造に限定する。

この WBAF において各論証の評価値は、対象とする論証を根ノードとした部分的な WBAF を考えることで計算される。支持関係のみで接続された部分を先に計算し、それらを一つのノードにまとめた後、攻撃関係についての計算を行う。

2.2 支持関係に対する評価

まず、 $WBAF_s$ の上での評価値計算方法を述べる。

定義 2 (支持パス). $\langle AR, ATT, \{\}, w \rangle$ を $WBAF_s$ とする。 $(A_i, A_{i+1}) \in SUP (1 \leq i \leq k-1)$, A_0 が根ノード、 A_k が葉ノードのとき、 $\langle A_0, \dots, A_k \rangle$ を A_0 の支持パスと呼ぶ。

支持パスの評価値はそこに含まれる各ノードの重みから計算されるが、根ノードから遠いノードほど根ノードへの影響は小さい。

定義 3 (支持パスの評価値). A_0 の支持パス $p = \langle A_0, \dots, A_k \rangle$ の評価値を

$$v_s(p) = \sum_{j=1}^k \frac{w(A_j)}{j}$$

と定義する。

根ノードの評価値は根ノードを共有するパスの評価値の最大値をとって根ノードの重みを加えたものとする。

定義 4 (根ノードの評価値). p が A_0 への支持パスのとき、 A_0 の評価値を

$$str_s(A_0) = \max(v_s(p)) + w(A_0)$$

と定義する。

2.3 攻撃関係に対する評価

次に、 $WBAF_a$ の上での評価値計算方法を述べる。

攻撃関係については、支持関係と異なり、賛成者と反対者で扱いを変える必要がある。ここでは、根ノードから葉ノードの方向に辿ったときに分岐を持たない、すなわち複数のノードからの攻撃を受けないノードが含まれないようなパスを攻撃パスと定義する。

定義 5 (攻撃パス, 分岐ノード). $\langle AR, ATT, \{\}, w \rangle$ を $WBAF_a$ とする。 $(A_i, A_{i+1}) \in ATT (1 \leq i \leq k)$ であり、さらに $\neg \exists B; (B, A_k) \in ATT$ かつ $\neg \exists B; B \neq A_i$, かつ $(B, A_{i-1}) \in ATT (2 \leq i \leq k)$ のとき $\langle A_0, \dots, A_k \rangle$ を A_0 の攻撃パスと呼ぶ。また、 A_0 を分岐ノードと呼ぶ。

攻撃パスの評価値は支持パスと同様、そこに含まれるノードの重みから計算され、分岐ノードから遠いほど分岐ノードへの影響は小さい。さらに、攻撃パスにおいては全体の根ノードの主張に対してその賛成者と反対者の論証が交互に現れる。支持者の論証は根ノードの主張を強め、反対者の論証は弱める。そのため、攻撃パスの評価値を以下のように定義する。

定義 6 (攻撃パスの評価値). $WBAF_a$ のノード A_0 の攻撃パス $p = \langle A_0, \dots, A_k \rangle$ の評価値は、 $WBAF_a$ の根

ノードから A_j までのエッジの数を $r_j (1 \leq j \leq k)$ とするとき

$$v_a(p) = \sum_{j=1}^k (-1)^{r_j} \cdot \frac{w(A_j)}{\lfloor j/2 \rfloor}$$

と定義する.

全体の根ノードから分岐ノードまでのエッジの数が偶数個ならばその分岐ノードは全体の根ノードの主張の賛成者の論証であり, 奇数個ならば反対者の論証になる. その分岐ノードが全体の根ノードの主張の賛成者の場合, すべての攻撃パスから反論を受けるため, 分岐ノードの強さはそれらの和だけ弱められる. 反対者の場合, 賛成者はもっとも強い攻撃パスで反対者を攻撃することで相手にダメージを与えると考える. そのため, 分岐ノードの評価値を以下のように定義する.

定義 7 (分岐ノードの評価値). A_0 が分岐ノード, r_0 が $WBAF_a$ 全体の根ノードから A_0 までのエッジの数, p が A_0 の攻撃パスであるとき, A_0 の評価値を

$$str_a(A_0) = \begin{cases} \sum(v_a(p)) + w(A_0) & (r_0 \text{ が偶数}) \\ \max(v_a(p)) - w(A_0) & (r_0 \text{ が奇数}) \end{cases}$$

と定義する.

$WBAF_a$ の根ノードの評価値計算方法は以下の通りである. $WBAF_a$ から分岐ノードを一つ取り出しその評価値を計算する. 分岐ノード以下の部分をまとめて, 計算した評価値を重みとする新たなノードにおきかえることで新たな $WBAF_a$ を得る. 新たな $WBAF_a$ 上で分岐ノードがあれば同様の処理を繰り返す. すると分岐していた部分は一つのノードに置き換えられていくので, 最終的にはもとの $WBAF_a$ 全体の根ノード一つになり, その評価値が求められる.

$WBAF_a$ では, 自分の意見の重みを正, 相手の意見の重みを負として評価値の計算をしているため, 分岐ノードに対する攻撃パス p について $v_a(p) > 0$ であれば, そのパスをとったときに自分の意見が相手の意見より第三者に納得してもらいやすい. $v_a(p) < 0$ であれば逆である.

例 2. 図 2 のような $WBAF_a$ において, 根ノード A の評価値計算方法を示す. ここでノードは論証, エッジは支持関係を示す. ノード G, F, I の重みは 2, その他の重みは 1 だとする.

まず分岐ノード D の評価値を計算する. この場合相手の攻撃が二つ存在するので, 両方を計算する必要がある. D を根, F を葉とするパスの評価値は $-1 + 2 = 1$, D を根, I を葉とするパスの評価値は $-1 + 2 = 1$ である. ここから D の評価値は, $(1 + 1) + 1 = 3$ となる.

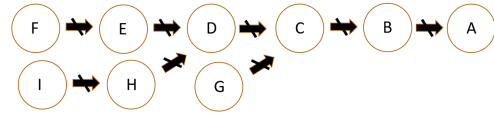


図 2: $WBAF_a$

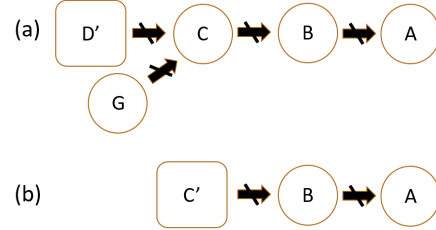


図 3: $WBAF_a$ 計算過程

D 以下の部分をまとめて一つのノード D' として新しい $WBAF_a$ を得る (図 3(a)). このときの D' の重みは, 先ほど求めた D の評価値 3 になる.

続いてこの新しい $WBAF_a$ 上で分岐ノード C の評価値を計算すると, $(-3 + (-1)) + 1 = -3$ となる. C 以下の部分をまとめて一つのノード C' として新しい $WBAF_a$ を得る (図 3(b)). このときの C' の重みは, C の評価値 -3 になる.

最後にこの新しい $WBAF_a$ 上で分岐ノード A の評価値を計算すると, $(-3 + (-1)) + 1 = -3$ となる.

これが根ノード A の評価値である. この評価値は負の値であり, A の主張を提示した側にはこの $WBAF_a$ での議論は不利なものであることを意味する.

3 支持関係の拡張

3.1 論証の集合からの支持関係をもつ WBAF

1 章の例にあげたように複数の論証からの支持を同時に満たすことで支持される論証が存在する. このような支持関係を *set-support* と呼ぶ. *set-support* を扱えるように支持関係を拡張した WBAF を考える. 攻撃関係の定義は変わらない.

定義 8 (exWBAF). 拡張重み付き双極議論フレームワーク (exWBAF) は 4 項組 $\langle AR, ATT, SUP, w \rangle$ で定義される. ここで AR は論証の集合, $ATT \subseteq AR \times AR$ は攻撃関係の集合, $SUP \subseteq 2^{AR} \setminus \emptyset \times AR$ は支持関係の集合, w は AR から実数への関数である.

特に $ATT = \{\}, SUP = \{\}$ である exWBAF をそれぞれ $WBAF_{ss}, WBAF_a$ と記述する.

定義 9 (支持集合). $\text{exWBAF} \langle AR, ATT, SUP, w \rangle$ において $(SA, A) \in SUP$ であるとき, SA を A の **支持集合** と呼ぶ.

3.2 支持関係に関する評価

$WBAF_s$ では支持パスごとに評価値を計算し, その最大値をノードの評価値としているのに対して, $WBAF_{ss}$ では1エッジずつ (支持関係ごとに) 各ノードの評価値 (str) を再帰的に計算していく.

論証 A の支持集合は複数の論証がそろって初めて支持が成立することから, 支持集合に含まれる各要素が A に与える影響は要素の数が多いほど小さくなる.

定義 10 (ノードの評価値). $\langle AR, \{\}, SUP, w \rangle$ を $WBAF_{ss}$ とする. A が $WBAF_{ss}$ のノード, r が全体 $WBAF_{ss}$ の根ノードから A までのエッジの数であるとき, A の評価値を

$$str_{ss}(A) = \begin{cases} w(A)/r & (A \text{ が葉ノード}) \\ \max\{v_s(SA) \mid (SA, A) \in SUP\} + w(A) & (A \text{ が根ノード}) \\ \frac{\max\{v_s(SA) \mid (SA, A) \in SUP\} + w(A)}{r} & (\text{それ以外}). \end{cases}$$

と定義する.

ここで, $(SA, A) \in SUP$ に対して, 支持集合の評価値は

$$v_{ss}(SA) = \sum_{a \in SA} \frac{str_{ss}(a)}{|SA|}$$

と定義される.

$WBAF_{ss}$ において, 葉ノードから上流にむけてノードの評価値を再帰的に計算し, 最終的に根ノードの評価値を得る.

例 3. 図 4(a) のような $WBAF_{ss}$ を考える. この図では点線枠が支持集合を示し, その要素が1つのときは点線枠を省略している. ノードの重みを c, d, e, f, g, h, i の順に $3, 5, 4, 3, 4, 2, 4$, 他は全て1とする. このとき, 各ノードの評価値を計算した結果を図 4(b) に示す.

3.3 exWBAF 全体に関する評価値計算

exWBAF において, 根ノードの評価値を計算する方法を述べる.

論証間で支持関係が定義された WBAF と同様, exWBAF でも支持関係で接続されたノードをまとめ, そのあとそれらの間の攻撃関係について計算する.

まず, 支持関係のみで接続された部分を切り出しそれぞれを $WBAF_{ss}$ として, 支持関係に関する評価値を

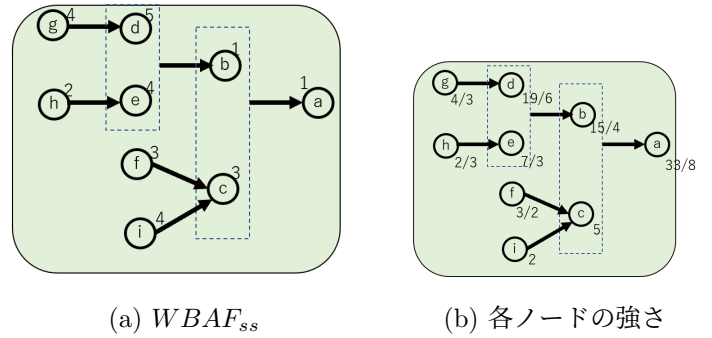


図 4: $WBAF_{ss}$ の評価

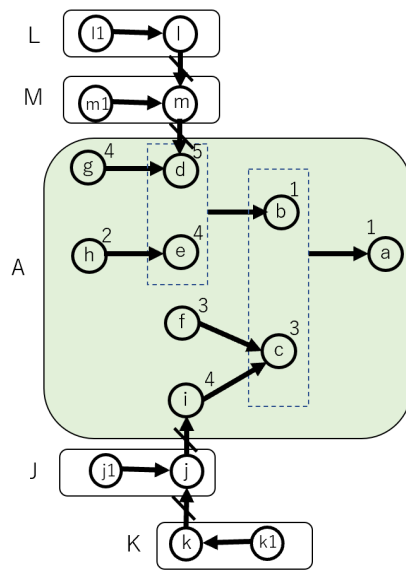


図 5: exWBAF 上の評価値計算

計算する. 各 $WBAF_{ss}$ 全体を一つのノードとしてまとめる. その $WBAF_{ss}$ の根ノードの評価値をまとめたノードの重みとする. すると exWBAF は $WBAF_a$ になるので, その上で 2.3 節で述べた手法を用いて攻撃関係に関する評価値を計算する.

例 4. 図 4 のような exWBAF を考える.

この図では点線枠が支持集合を示し, その要素が1つのときは点線枠を省略している. 網掛けした部分には例 3 を埋め込んでおり, この部分におけるノードの重みは例 3 で与えたものとする. また, それ以外のノードの重みは l_1, m_1 をそれぞれ $3, 2$, 残りはすべて 1 とする.

図の中で丸枠で囲った5つの部分はいずれも支持関係のみで接続されている. これらをそれぞれ $WBAF_{ss}$ として切り出し, 上からそれぞれノード L, M, A, J, K としてまとめてそれぞれの重みを計算する. A の重みは例 3 から $33/8$ である. L の重みは $3+1=4$ である.

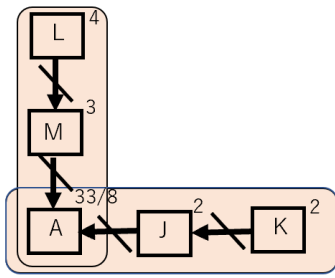


図 6: 図 4 をまとめて得られた $WBAF_a$

同様に M, J, K の重みはそれぞれ $3, 2, 2$ になる. この結果得られる $WBAF_a$ を図 4 に示す. この図の根ノード A に対する評価値を求めると,

$$\begin{aligned} str_a(A) &= v_a(\langle A, M, L \rangle) + v_a(\langle A, J, K \rangle) + w(A) \\ &= \left(-\frac{3}{\lceil 1/2 \rceil} + \frac{4}{\lceil 2/2 \rceil}\right) + \left(-\frac{2}{\lceil 1/2 \rceil} + \frac{2}{\lceil 2/2 \rceil}\right) + 33/8 = 41/8. \end{aligned}$$

4 考察

本発表で述べた評価値の計算方式の妥当性について議論する.

4.1 通常の支持の評価

根ノードは支持によってその強さが増す一方で, そこから遠いノードの支持ほど影響が小さくなる. 支持関係で根ノードに間接的に接続されたノードは根ノードを直接支持しているわけではないのでその重みすべてを根ノードの評価値に加えることは直観に反する. したがって, 本手法では根ノードからのエッジ数の逆数をかけたものを足しあわせて支持パスの評価値とした.

4.2 支持集合の評価

論証 A の支持集合は複数の論証がそろって初めて支持として成立することから, 支持集合としての強さを各要素の重みそのものの和にすると強くなりすぎる. したがって, 本手法ではそれらの平均をとることで A への影響は要素数にかかわらずに決定するものとした.

例 5. 以下のような会話を考える. この例では論証 B, C, D の集合が論証 A の支持集合になっている.

- A 「オリンピック開催を支持する」
- B 「コロナ対策が万全である」
- C 「国民の賛同が得られている」
- D 「経済的に良いことがある」

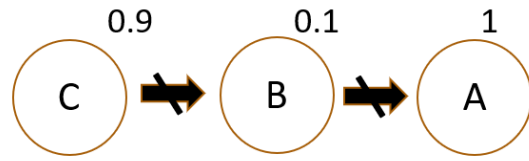


図 7: 反論への反論の扱い

各ノードの重みを同一とすると, もし, C, D がなく B が単独で A を支持している場合でも A の強さが特に弱くなるとは考えられない.

4.3 攻撃の評価

重み付き議論フレームワークの評価値計算の代表的な手法に Amgoud らが提案したものがある [2, 4, 3]. 彼らは, あるノードの評価値を直接に攻撃, 支持をするすべてのノードの評価値から計算し, それを葉ノードから再帰的に上流ノードの評価値に反映させていくという手法を提案している. 彼らの方式では, いかなる場合でも反論の反論はあくまで相手の反論の強さを弱めるものになり, これは対象とする論証の評価値としての直観に反する. したがって, 本手法では相手の反論に対してそれを上回る強さを持つ反論を提示できた場合, 元の自分の意見を強めることができるものとした.

例 6. 図 7 のような攻撃パス $p = \langle C, B, A \rangle$ を考える. A, B, C それぞれの重みを $1, 0.1, 0.9$ とする. 本手法では $v_a(p) = +0.9 + (-0.1) = 0.8$ となり, $str_a(A) = 0.8 + 1 = 1.8$ になる. 一方 Amgoud らの方式 [4] では C の大きい重みの影響が B を弱めるにとどまり, 根ノード A の補強となっていない. これは, 彼らがノードの評価値を受理可能性ととらえ $[0, 1]$ の範囲に設定していることに起因する. Amgoud らの方法で根ノードの評価値を概算すると, 約 0.9 となる. 本方式ではこのように, 攻撃パスの中で A に賛成する側 C と反対する側 B の重みを比較したとき強い方のノードの重みが A の評価値に大きく影響するが, Amgoud の方式ではその影響が小さい.

4.4 攻撃を受けるノードの位置

論証の強さを比較するとき, 支持関係で接続された論証への攻撃は個別ノードへの攻撃というよりも支持関係で接続されたノードの集合が主張する意見への反論ととらえることができる. したがって, $exWBAF$ に含まれる $WBAF_{ss}$ に対してこの中のどのノードに攻

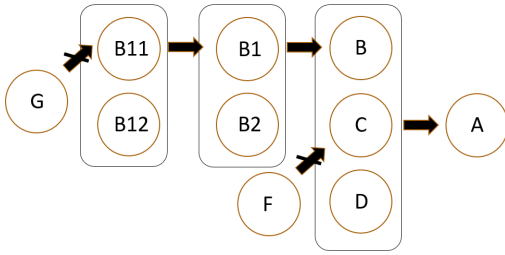


図 8: 攻撃を受けるノードの位置

撃があってもその $WBAF_{ss}$ の根ノードの評価値は等価とした。

例 7. 例 5 にさらに以下の論証が追加された会話を考える。この例では B1, B2 が B の支持集合, B11, B12 が B1 の支持集合になっている。さらに, F, G はそれぞれ C, B11 を攻撃する論証である。論証の重みはすべて同一とする。図 8 に対応する $exWBAF$ を示す。

B1 「全国的にコロナワクチンの接種が進んでいる」

B2 「観客制限を設ける」

B11 「特に関係者のワクチン接種は開催までにほとんどが終了する」

B12 「現状でも当初の目標人数の接種が完了している」

F 「事前のアンケートでは国民の 7 割が開催に反対している」

G 「関係者以外の開催地周辺住民の接種が進んでいない」

今, F, G いずれか一方の攻撃が可能だとすると, どちらの場合でも根ノード A の評価値は変わらない。これは F, G はノードへの攻撃ではあるが F, G の発言はそもそも開催に反対している人の意見であり, A への反対意見という立場は同じということを表す。

5 おわりに

本発表では, 重み付き議論フレームワークにおける評価値計算の手法を提案した。主たる特徴は, (i) ある論証への攻撃をさらに攻撃する論証がある場合に, 論証の強さによってもとの論証が強くなったり弱くなったりすること, (ii) set-support を扱えること, の 2 点である。

今後はこの手法を現実の議論に応用し, 妥当性を検証する。また, WBAF をループ構造などを持つように拡張した評価値計算の方法も検討したいと考えている。

参考文献

[1] Amgoud, L. et al., “On bipolarity in argumentation frameworks”, *International Journal of In-*

telligent Systems, Vol.23, No.10, pp.1062-1093, 2008.

[2] Amgoud, L. et al., “Acceptability semantics for weighted argumentation frameworks”, *IJCAI 2017*, pp.56-62, 2017.

[3] Amgoud, L. and Ben-Naim, J., “Evaluation of arguments in weighted bipolar graphs”, *European Conference on Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning and Uncertainty*, pp.25-35, 2017.

[4] Amgoud, L. and Ben-Naim, J., “Weighted bipolar argumentation graphs: axioms and semantics.”, *IJCAI 2018*, pp.5194-5198, 2018.

[5] Baroni, P., et al., “Automatic evaluation of design alternatives with quantitative argumentation.” *Argument and Computation*, Vol.1, No.1, pp.24-49, 2015.

[6] Dung, P. M., “On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and n-person games.” *Artificial Intelligence*, Vol.77, pp.321-357, 1995.

[7] Dunne, P. E., et al., “Weighted argument systems: Basic definitions, algorithms, and complexity results.” *Artificial Intelligence*. Vol.175, No.2, pp.457-486, 2011.