



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
HAROKOPIO UNIVERSITY

Συστήματα Λήψεων Αποφάσεων

Παναγιώτης Πετρούλιας ,it2021083
Πουλημένος Γεώργιος ,it2021123

Α ΜΕΡΟΣ

Ορισμός Προβλήματος

Μια επιχείρηση παραγωγής ενέργειας απέκτησε νέους πελάτες και θέλει να φτιάξει νέα μονάδα παραγωγής ενέργειας. Το πρόβλημα βρίσκεται στο τι πηγές θα χρησιμοποιήσει για την παραγωγή ενέργειας.

Μέθοδος Πολυκριτηριακής Θεωρίας

SMART

Κριτήρια

- Κόστος
- Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις
- Αξιοπιστία και Διαθεσιμότητα
- Απόδοση(Θεωρητική απόδοση της κάθε εναλλακτικής)
- Κοινωνικές και Πολιτικές Πτυχές

Εναλλακτικές

- Υδρογόνο και Βιομάζα
- Αιολική Ενέργεια και Ηλιακή Ενέργεια
- Ηλιακή Ενέργεια και Φυσικό Αέριο
- Βιομάζα και Φυσικό Αέριο

Επίπεδο Διοίκησης

Το πρόβλημα ανήκει στη κατηγορία προβλημάτων στρατηγικού σχεδιασμού. Αποφάσεις για αυτού του είδους προβλήματα παίρνονται απο το Ανώτερο Επίπεδο Διοίκησης. Το πρόβλημα ταιριάζει στον χαρακτήρα στρατηγικού σχεδιασμού διότι επηρεάζει άμεσα αλλά και μακροπρόθεσμα την εταιρεία. Άμεσα επειδή θα πρέπει να γίνει ανακατανομή των πόρων(ιδιαίτερα των οικονομικών και ανθρώπινων πόρων) της επιχείρησης. Μακροπρόθεσμα αφού μια τέτοια κίνηση όπως είναι η δημιουργία νέας μονάδας παραγωγής ενέργειας αποτελεί ένα αρκετά μεγάλο οικονομικό ρίσκο που επηρεάζει την επιβίωση, ανάπτυξη και επέκταση της εταιρείας.

Ρόλοι

- **Εμπλεκόμενοι Φορείς:** Δημοτικές αρχές, εταιρείες προμηθευτών, οικολογικές οργανώσεις, κοινότητες και τελικοί χρήστες(εταιρείες-πελάτες).
- **Αποφασίζων:** Διοικητικό Συμβούλιο.
- **Συμμετέχοντες στη Λήψη Απόφασης:** Διευθυντής Στρατηγικού Σχεδιασμού, Μηχανικός Ενεργειακών Συστημάτων, Οικονομικός Αναλυτής, Περιβαλλοντικός Σύμβουλος, Υπεύθυνος Διαχείρισης Κινδύνων, Υπεύθυνος Διαχείρισης Προμηθειών.
- **Αναλυτής:** Επιχειρησιακός Αναλυτής, Υπεύθυνος Έργου.
- **Διαμεσολαβητής:** Σύμβουλος Επικοινωνίας και Δημοσίων Σχέσεων.

B ΜΕΡΟΣ

1)Περιγραφή της Πολυκριτηριακής Μεθόδου SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique)

*Για το Β μέρος έχουμε φτιάξει ένα αρχείο κώδικα για α) και β) ερωτήματα ([smart.m](#))

Η μέθοδος SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique) είναι μια πολυκριτηριακή μέθοδος λήψης αποφάσεων που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση και κατάταξη εναλλακτικών λύσεων με βάση πολλαπλά κριτήρια. Είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη λόγω της απλοτητάς της και της ικανότητάς της να παρέχει σαφή και κατανοητά αποτελέσματα. Ακολουθούν τα βασικά βήματα και οι αρχές της μεθόδου SMART:

1. Καθορισμός των Κριτηρίων

Πρώτα, ορίζονται τα κριτήρια που είναι σημαντικά για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Κάθε κριτήριο αντιπροσωπεύει μια διάσταση της απόφασης και μπορεί να είναι ποσοτικό ή ποιοτικό.

2. Καθορισμός των Εναλλακτικών

Οι εναλλακτικές είναι οι διαφορετικές επιλογές ή λύσεις που εξετάζονται για την επίλυση του προβλήματος. Κάθε εναλλακτική αξιολογείται με βάση τα προκαθορισμένα κριτήρια.

3. Ανάθεση Βαρών στα Κριτήρια

Οι εμπειρογνώμονες ή οι αποφασίζοντες αναθέτουν βάρη στα κριτήρια, αντικατοπτρίζοντας τη σχετική σημασία κάθε κριτηρίου. Τα βάρη αυτά κανονικοποιούνται έτσι ώστε το άθροισμά τους να είναι ίσο με 1 (ή 100%).

4. Αξιολόγηση των Εναλλακτικών

Για κάθε κριτήριο, αξιολογούνται οι εναλλακτικές λύσεις και ανατίθενται βαθμολογίες που αντιπροσωπεύουν την απόδοση κάθε εναλλακτικής σε αυτό το κριτήριο. Οι βαθμολογίες αυτές μπορούν να είναι αντικειμενικές μετρήσεις ή υποκειμενικές εκτιμήσεις από εμπειρογνώμονες.

5. Υπολογισμός Σταθμισμένων Βαθμολογιών

Οι βαθμολογίες κάθε εναλλακτικής λύσης πολλαπλασιάζονται με τα αντίστοιχα βάρη των κριτηρίων, ώστε να ληφθούν οι σταθμισμένες βαθμολογίες. Αυτό επιτρέπει την ενσωμάτωση της σχετικής σημασίας κάθε κριτηρίου στην τελική αξιολόγηση.

6. Υπολογισμός της Συνολικής Τιμής Χρησιμότητας

Οι σταθμισμένες βαθμολογίες κάθε εναλλακτικής λύσης αθροίζονται για να προκύψει η συνολική τιμή χρησιμότητας (utility value). Αυτή η τιμή αντιπροσωπεύει την συνολική απόδοση κάθε εναλλακτικής λύσης με βάση όλα τα κριτήρια.

7. Ταξινόμηση των Εναλλακτικών

Οι εναλλακτικές λύσεις ταξινομούνται με βάση τις συνολικές τιμές χρησιμότητας σε φθίνουσα σειρά. Η εναλλακτική με τη μεγαλύτερη τιμή χρησιμότητας θεωρείται η καλύτερη επιλογή σύμφωνα με την ανάλυση.

Περιγραφή Κώδικα

Βήμα 1: Ορισμός των Τιμών των Κριτηρίων από τους Εμπειρογνώμονες

Στην αρχή, για κάθε κριτήριο και για κάθε εμπειρογνώμονα εκχωρούνται τυχαίες τιμές στα κριτήρια, με πιθανότητα 10% να λείπουν κάποιες τιμές. Αυτό βοηθά στην προσομοίωση πραγματικών σεναρίων όπου δεν υπάρχουν πάντα διαθέσιμες όλες οι πληροφορίες.

Βήμα 2: Αντικατάσταση Ελλειπόντων Τιμών(β ερώτημα)

Για κάθε κριτήριο, υπολογίζονται οι έγκυρες τιμές (μη NaN) και υπολογίζεται ο μέσος όρος αυτών των τιμών. Οι NaN τιμές αντικαθίστανται με τυχαίες τιμές εντός ενός διαστήματος εμπιστοσύνης $\pm 10\%$ γύρω από τον μέσο όρο. Αυτό εξασφαλίζει ότι οι αντικαταστάσεις είναι κοντά στις πραγματικές τιμές.

Βήμα 3: Κανονικοποίηση των Βαρών

Τα βάρη κάθε εμπειρογνώμονα κανονικοποιούνται έτσι ώστε το άθροισμα των βαρών να είναι ίσο με 1. Αυτό γίνεται διαιρώντας κάθε βάρος με το συνολικό βάρος του αντίστοιχου εμπειρογνώμονα.

Βήμα 4: Ορισμός των Αποδόσεων των Εναλλακτικών

Ανατίθενται τυχαίες τιμές αποδόσεων για κάθε εναλλακτική, κριτήριο και εμπειρογνώμονα. Αυτές οι τιμές αντιπροσωπεύουν την απόδοση κάθε εναλλακτικής σύμφωνα με κάθε κριτήριο, όπως εκτιμάται από τους εμπειρογνώμονες.(θα μπορούσαμε και εδώ να χρησιμοποιήσουμε την διαδικασία με το δείκτη εμπιστοσύνης για την αντικατάσταση των ελλειπουσών στοιχείων που περιγράψαμε στο **ΒΗΜΑ 2**)

Βήμα 5: Υπολογισμός της Τιμής Χρησιμότητας των Εναλλακτικών

Υπολογίζονται τα μέσα βάρη των κριτηρίων από τους κανονικοποιημένους πίνακες βαρών. Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι μέσες αποδόσεις κάθε εναλλακτικής για κάθε κριτήριο. Η τιμή χρησιμότητας κάθε εναλλακτικής προκύπτει ως το σταθμισμένο άθροισμα των μέσων αποδόσεων, χρησιμοποιώντας τα μέσα βάρη των κριτηρίων.

Βήμα 6: Ταξινόμηση των Εναλλακτικών

Τέλος, οι εναλλακτικές ταξινομούνται με βάση τις τιμές χρησιμότητάς τους σε φθίνουσα σειρά. Οι εναλλακτικές με τις υψηλότερες τιμές χρησιμότητας θεωρούνται οι καλύτερες επιλογές σύμφωνα με την ανάλυση.

Η συνάρτηση αυτή καλείται στο terminal window του octave με την εξής εντολή:

```
[util_value, mean_performances, performances, weights, normalized_weights] =  
smart(5,4,15)
```

οπου 5->κριτήρια

4->εναλλακτικές

15-> ειδικοί

2) Αντιμετώπιση των NaN στοιχείων των πινάκων που δίνουν οι ειδικοί

Σε περίπτωση που κάποιος ειδικός δεν έχει δώσει τιμή σε κάποιο στοιχείο στα βάρη κριτηρίων, μπορούμε να εφαρμόσουμε την παρακάτω προσέγγιση για την αντιμετώπιση των μη διαθέσιμων τιμών (NaN):

1. Διάστημα Εμπιστοσύνης: Καθορίζουμε ένα διάστημα εμπιστοσύνης στο οποίο θα αντικατασταθούν οι τιμές NaN.
2. Έγκυρες Τιμές: Για κάθε κριτήριο, υπολογίζουμε τις έγκυρες τιμές (τιμές που δεν είναι NaN).
3. Μέσος Όρος: Υπολογίζουμε τον μέσο όρο των έγκυρων τιμών.
4. Αντικατάσταση NaN: Οι τιμές NaN αντικαθίστανται με τυχαίες τιμές που βρίσκονται εντός του διαστήματος εμπιστοσύνης γύρω από τον μέσο όρο των έγκυρων τιμών.

Περιγραφή Λειτουργίας:

- Διάστημα Εμπιστοσύνης: Καθορίζεται το διάστημα εμπιστοσύνης στο οποίο θα αντικατασταθούν οι NaN τιμές.
- Έγκυρες Τιμές: Για κάθε κριτήριο, υπολογίζονται οι έγκυρες τιμές (τιμές που δεν είναι NaN).
- Μέσος Όρος: Υπολογίζεται ο μέσος όρος των έγκυρων τιμών.
- Αντικατάσταση NaN: Οι τιμές NaN αντικαθίστανται με τυχαίες τιμές που βρίσκονται εντός του διαστήματος εμπιστοσύνης γύρω από τον μέσο όρο των έγκυρων τιμών.

Παράδειγμα:

Αν το μέσο βάρος ενός κριτηρίου είναι 0.5 και το διάστημα εμπιστοσύνης είναι 0.1, τότε οι τιμές NaN θα αντικατασταθούν με τυχαίες τιμές εντός του διαστήματος [0.45, 0.55].

Γ ΜΕΡΟΣ

Λεπτομερής Περιγραφή του Κώδικα

Ο κώδικάς μας υλοποιεί μια ανάλυση ευαισθησίας χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Monte Carlo για να εξετάσει την επίδραση της διαταραχής των βαρών και των αποδόσεων στις κατατάξεις των εναλλακτικών λύσεων. Η ανάλυση ευαισθησίας αξιολογεί την σταθερότητα των αποτελεσμάτων της αρχικής ανάλυσης υπό διάφορες διαταραχές.

Περιγραφή Κώδικα για Ανάλυση Ευαισθησίας με Μέθοδο Monte Carlo

Βήμα 1: Αρχικοποίηση Παραμέτρων

Αρχικά, ορίζουμε τις βασικές παραμέτρους του προβλήματος:

- `crt`: Αριθμός κριτηρίων.
- `alt`: Αριθμός εναλλακτικών.
- `exp`: Αριθμός εμπειρογνομόνων.
- `N`: Αριθμός επαναλήψεων Monte Carlo.
- `util`: Αρχική τιμή χρησιμότητας.
- `mean_perf`: Μέση απόδοση.
- `performances`: Αρχικές αποδόσεις των εναλλακτικών.
- `w`: Βάρη κριτηρίων.
- `ps1`, `ps2`, `ps3`: Παράμετροι για τη δημιουργία τιμών του perturbation strength.

Βήμα 2: Ορισμός Εύρους Διαταραγμάτων

Δημιουργούμε έναν πίνακα `s_values` που ορίζει το εύρος των επιπέδων διαταραγμάτων `sss` που θα εξεταστούν. Αυτά τα επίπεδα καθορίζονται από τις τιμές `ps1`, `ps2`, και `ps3`.

Βήμα 3: Προσομοίωση Monte Carlo

Για κάθε τιμή του `sss` στον πίνακα `s_values`:

- Αρχικοποιείται ένας πίνακας για την καταμέτρηση των αναστροφών κατάταξης (rank reversals) για κάθε εναλλακτική.
- Επαναλαμβάνονται `N` επαναλήψεις της προσομοίωσης:
 - Τα βάρη `w` διαταράσσονται τυχαία χρησιμοποιώντας μια ομοιόμορφη κατανομή.
 - Οι διαταραγμένες τιμές κανονικοποιούνται ώστε να διατηρηθεί το άθροισμα τους ίσο με 1.
 - Οι αποδόσεις `performances` διαταράσσονται τυχαία.

- Υπολογίζονται οι μέσες διαταραγμένες αποδόσεις.
- Οι εναλλακτικές λύσεις ταξινομούνται με βάση τις αρχικές και τις διαταραγμένες μέσες αποδόσεις.
- Καταμετρώνται οι αναστροφές κατάταξης για κάθε εναλλακτική.
- Υπολογίζεται η τιμή PRR για τον τρέχοντα *sss*.
- Οι τιμές PRR αποθηκεύονται σε έναν πίνακα *M*.

Βήμα 4: Απεικόνιση Αποτελεσμάτων

Τέλος, δημιουργείται ένα διάγραμμα που δείχνει την πιθανότητα αντιστροφής κατάταξης (PRR) ως συνάρτηση του *sss* για κάθε εναλλακτική

Η συνάρτηση αυτή καλείται στο terminal window του octave με την εξής εντολή:

```
[M] = monte_carlo(5, 4, 13, 10^4, util_value, mean_performances, performances, weights, 0.2, 0.1, 0.6)
```

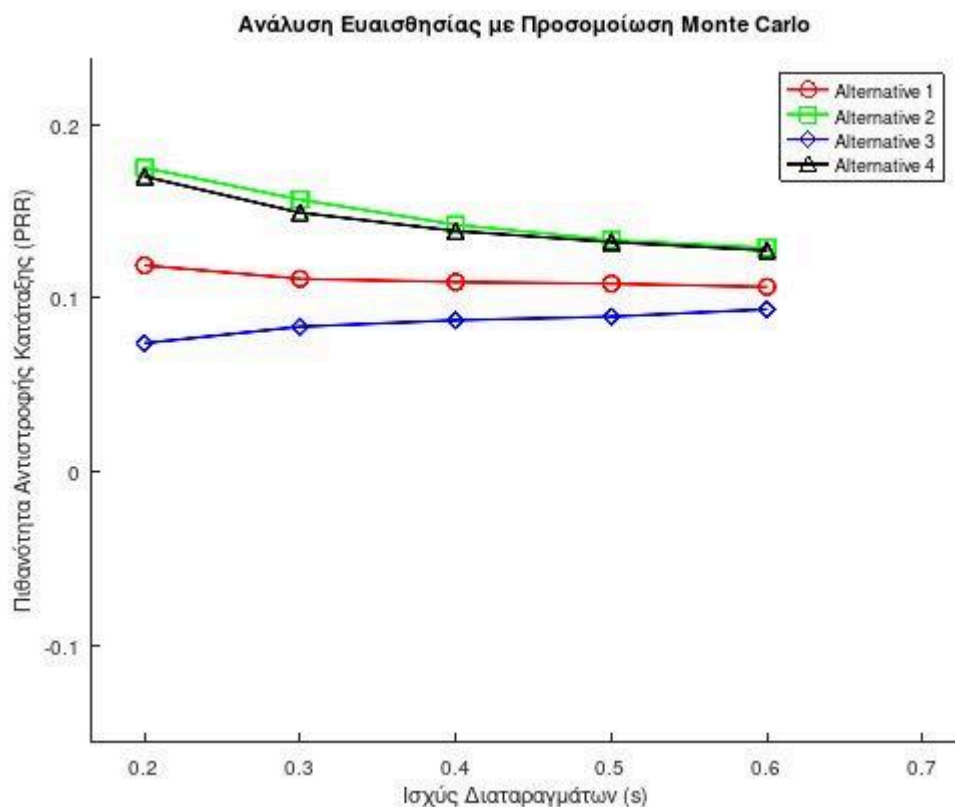
πρέπει πρώτα να καλεστεί η συνάρτηση smart(4,5,13)

ΤΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΑΜΕ:

Γενικές Παρατηρήσεις

1. Ευαισθησία στις Διαταραχές: Η τιμή PRR δείχνει πόσο ευαίσθητες είναι οι κατατάξεις των εναλλακτικών λύσεων στις διαταραχές των βαρών και των αποδόσεων. Υψηλότερες τιμές PRR υποδηλώνουν μεγαλύτερη ευαισθησία και περισσότερες αναστροφές κατάταξης.
2. Σταθερότητα Αποτελεσμάτων: Μικρές τιμές *s* πιθανόν να μην επηρεάζουν πολύ τις κατατάξεις, ενώ μεγαλύτερες τιμές *s* μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές αλλαγές. Η παρατήρηση των τιμών PRR ως συνάρτηση του *s* επιτρέπει την αξιολόγηση της σταθερότητας των αποτελεσμάτων.
3. Αρχικές και Τελικές Προτεραιότητες: Συγκρίνοντας τις αρχικές και τις τελικές προτεραιότητες των εναλλακτικών, μπορούμε να δούμε ποιες εναλλακτικές είναι πιο σταθερές και ποιες επηρεάζονται περισσότερο από τις διαταραχές

— Παρατηρήσεις σχετικά μετά την εκτέλεση



Ας σχολιάσουμε το διάγραμμα λεπτομερώς, εστιάζοντας στις τέσσερις εναλλακτικές λύσεις (Alternative 1, 2, 3, και 4) και τον τρόπο με τον οποίο η Πιθανότητα Ανατροπής Κατάστασης (PPR) επηρεάζεται από την Ισχύ Διαταραγμάτων (s) σύμφωνα με την προσομοίωση Monte Carlo.

Εναλλακτική 1 (Κόκκινοι κύκλοι)

- **Συμπεριφορά:** Η Εναλλακτική 1 έχει σταθερά υψηλότερη PPR σε σχέση με τις άλλες εναλλακτικές λύσεις, ανεξάρτητα από την ισχύ των διαταραγμάτων.
- **Τάση:** Η γραμμή της έχει μια μικρή πτωτική τάση καθώς η ισχύς των διαταραγμάτων αυξάνεται, αλλά η μείωση είναι πολύ μικρή.

- **Συμπέρασμα:** Αυτή η εναλλακτική φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητη σε ανατροπές κατάστασης, γεγονός που την καθιστά λιγότερο σταθερή σε σύγκριση με τις υπόλοιπες.

Εναλλακτική 2 (Πράσινα τετράγωνα)

- **Συμπεριφορά:** Η PPR για την Εναλλακτική 2 ξεκινά ψηλά και παρουσιάζει πτώση καθώς αυξάνεται η ισχύς των διαταραγμάτων.
- **Τάση:** Η πτώση είναι πιο εμφανής σε σύγκριση με την Εναλλακτική 1, δείχνοντας μεγαλύτερη ευαισθησία στις διαταραχές.
- **Συμπέρασμα:** Αν και ξεκινά με υψηλότερη PPR, η μείωση με την αύξηση της ισχύος δείχνει ότι μπορεί να γίνεται πιο σταθερή με ισχυρότερες διαταραχές.

Εναλλακτική 3 (Μπλε ρόμβοι)

- **Συμπεριφορά:** Η Εναλλακτική 3 έχει σταθερά τη χαμηλότερη PPR μεταξύ των εναλλακτικών.
- **Τάση:** Παρουσιάζει μια πολύ ελαφριά αύξηση καθώς αυξάνεται η ισχύς των διαταραγμάτων, αλλά παραμένει η πιο σταθερή από όλες.
- **Συμπέρασμα:** Αυτή η εναλλακτική φαίνεται να είναι η πιο σταθερή και λιγότερο ευαίσθητη σε διαταραχές, καθιστώντας την την πιο αξιόπιστη επιλογή από τις τέσσερις.

Εναλλακτική 4 (Μαύρα τρίγωνα)

- **Συμπεριφορά:** Η Εναλλακτική 4 ξεκινά με υψηλή PPR, λίγο χαμηλότερη από την Εναλλακτική 2, και παρουσιάζει σταθερή πτώση.
- **Τάση:** Η μείωση είναι παρόμοια με αυτή της Εναλλακτικής 2, αλλά ξεκινά από υψηλότερη τιμή.
- **Συμπέρασμα:** Αυτή η εναλλακτική είναι επίσης ευαίσθητη σε ανατροπές κατάστασης, αλλά η σταθερή μείωση δείχνει ότι μπορεί να προσαρμόζεται καλύτερα σε μεγαλύτερες διαταραχές.

Συνολικά Συμπεράσματα

- Η Εναλλακτική 3 είναι η πιο σταθερή και αξιόπιστη, καθώς διατηρεί χαμηλή PPR ανεξάρτητα από την ισχύ των διαταραγμάτων.
- Η Εναλλακτική 1 είναι η πιο ευαίσθητη και παρουσιάζει σταθερά υψηλή PPR, γεγονός που την καθιστά λιγότερο σταθερή.
- Οι Εναλλακτικές 2 και 4 παρουσιάζουν πτώση της PPR με την αύξηση της ισχύος των διαταραγμάτων, δείχνοντας ότι μπορούν να γίνουν πιο σταθερές με ισχυρότερες διαταραχές.