

TAOP61 Projekt 3

TAOP61 Projekt 3

Optimering av utbyggnad av Sveriges elnät med hjälp av dekompositionsmetod.

TAOP61 Projekt 3

Optimering av utbyggnad av Sveriges elnät med hjälp av dekompositionsmetod.

Programvara: Vineopt, GLPK (dvs. GMPL och glpsol).

TAOP61 Projekt 3

Optimering av utbyggnad av Sveriges elnät med hjälp av dekompositionsmetod.

Programvara: Vineopt, GLPK (dvs. GMPL och glpsol).

Material: Problembeskrivning: Sveriges elnät.

TAOP61 Projekt 3

Optimering av utbyggnad av Sveriges elnät med hjälp av dekompositionsmetod.

Programvara: Vineopt, GLPK (dvs. GMPL och glpsol).

Material: Problembeskrivning: Sveriges elnät.

Uppgifter:

TAOP61 Projekt 3

Optimering av utbyggnad av Sveriges elnät med hjälp av dekompositionsmetod.

Programvara: Vineopt, GLPK (dvs. GMPL och glpsol).

Material: Problembeskrivning: Sveriges elnät.

Uppgifter:

Gör nödvändiga formuleringar för att lösa problemet med Bendersdekomposition. Formulera sub- och masterproblemen och specificera vilka data som behövs för att beräkna snitten.

TAOP61 Projekt 3

Optimering av utbyggnad av Sveriges elnät med hjälp av dekompositionsmetod.

Programvara: Vineopt, GLPK (dvs. GMPL och glpsol).

Material: Problembeskrivning: Sveriges elnät.

Uppgifter:

Gör nödvändiga formuleringar för att lösa problemet med Bendersdekomposition. Formulera sub- och masterproblemen och specificera vilka data som behövs för att beräkna snitten.

Studera nätverket *sweden-elnet* i Vineopt, speciellt käll-/sänkstyrkor samt var de möjliga utbyggnaderna som nämnts ovan finns. Observera möjligheterna att zooma (ctrl+/-) samt att förlytta nätverket med musmittknappen nedtryckt.

TAOP61 Projekt 3

Optimering av utbyggnad av Sveriges elnät med hjälp av dekompositionsmetod.

Programvara: Vineopt, GLPK (dvs. GMPL och glpsol).

Material: Problembeskrivning: Sveriges elnät.

Uppgifter:

Gör nödvändiga formuleringar för att lösa problemet med Bendersdekomposition. Formulera sub- och masterproblemen och specificera vilka data som behövs för att beräkna snitten.

Studera nätverket *sweden-elnet* i Vineopt, speciellt käll-/sänkstyrkor samt var de möjliga utbyggnaderna som nämnts ovan finns. Observera möjligheterna att zooma (ctrl+/-) samt att förlytta nätverket med musmittknappen nedtryckt.

Redovisa genom att skriva en rapport om resultaten.

TAOP61 Projekt 3: Sveriges elnät

Detta projekt syftar till att besvara frågan om hur man ska bygga ut elnätet för att klara ökad efterfrågan.

TAOP61 Projekt 3: Sveriges elnät

Detta projekt syftar till att besvara frågan om hur man ska bygga ut elnätet för att klara ökad efterfrågan.

Man funderar på att bygga nya länkar eller att öka kapaciteten på befintliga länkar. Ett flertal olika möjligheter för utbyggnad finnes. Alla kan inte realiseras, dels på grund av budgetbegränsningar men också av praktiska orsaker.

TAOP61 Projekt 3: Sveriges elnät

Detta projekt syftar till att besvara frågan om hur man ska bygga ut elnätet för att klara ökad efterfrågan.

Man funderar på att bygga nya länkar eller att öka kapaciteten på befintliga länkar. Ett flertal olika möjligheter för utbyggnad finnes. Alla kan inte realiseras, dels på grund av budgetbegränsningar men också av praktiska orsaker.

Det blir ett flödesproblem med fasta kostnader.

TAOP61 Projekt 3: Sveriges elnät

Detta projekt syftar till att besvara frågan om hur man ska bygga ut elnätet för att klara ökad efterfrågan.

Man funderar på att bygga nya länkar eller att öka kapaciteten på befintliga länkar. Ett flertal olika möjligheter för utbyggnad finnes. Alla kan inte realiseras, dels på grund av budgetbegränsningar men också av praktiska orsaker.

Det blir ett flödesproblem med fasta kostnader.

Metoden som ska användas är Bendersdekomposition. Man fixerar vilka utbyggnader som ska göras, löser resulterande minskostnadsflödesproblem med Vineopt och noterar duallösningen (nodpriserna).

TAOP61 Projekt 3: Sveriges elnät

Detta projekt syftar till att besvara frågan om hur man ska bygga ut elnätet för att klara ökad efterfrågan.

Man funderar på att bygga nya länkar eller att öka kapaciteten på befintliga länkar. Ett flertal olika möjligheter för utbyggnad finnes. Alla kan inte realiseras, dels på grund av budgetbegränsningar men också av praktiska orsaker.

Det blir ett flödesproblem med fasta kostnader.

Metoden som ska användas är Bendersdekomposition. Man fixerar vilka utbyggnader som ska göras, löser resulterande minskostnadsflödesproblem med Vineopt och noterar duallösningen (nodpriserna).

Med hjälp av dessa formuleras ett mindre "masterproblem" där ett nytt, bättre förslag på utbyggnad erhålles. Masterproblemet löses med hjälp av GMPL.

TAOP61 Projekt 3: Indata

Det nuvarande nätverket finns tillgängligt i Vineopt-format (som riktad graf med bågkostnader, kapaciteter och käll-/sänkstyrkor), med namnet *sweden-eln*. Det har 54 noder och 141 länkar.

TAOP61 Projekt 3: Indata

Det nuvarande nätverket finns tillgängligt i Vineopt-format (som riktad graf med bågkostnader, kapaciteter och käll-/sänkstyrkor), med namnet *sweden-eln*. Det har 54 noder och 141 länkar.

De möjliga utbyggnaderna motsvarar ett antal bågar som redan finns i nätverket, men har kapacitet noll. Var och en av dessa bågar kan införas i nätverket med kapacitet 50 till den fasta kostnaden 300.

TAOP61 Projekt 3: Indata

Det nuvarande nätverket finns tillgängligt i Vineopt-format (som riktad graf med bågstyrkor, kapaciteter och käll-/sänkstyrkor), med namnet *sweden-eln*. Det har 54 noder och 141 länkar.

De möjliga utbyggnaderna motsvarar ett antal bågar som redan finns i nätverket, men har kapacitet noll. Var och en av dessa bågar kan införas i nätverket med kapacitet 50 till den fasta kostnaden 300.

Om man vill evaluera en viss utbyggnad, kan man sätta kapaciteten till 50 för den bågen och lösa om minikostnadsflödesproblemet med Vineopt, och lägga till 300 till målfunktionsvärdet.

TAOP61 Projekt 3: Indata

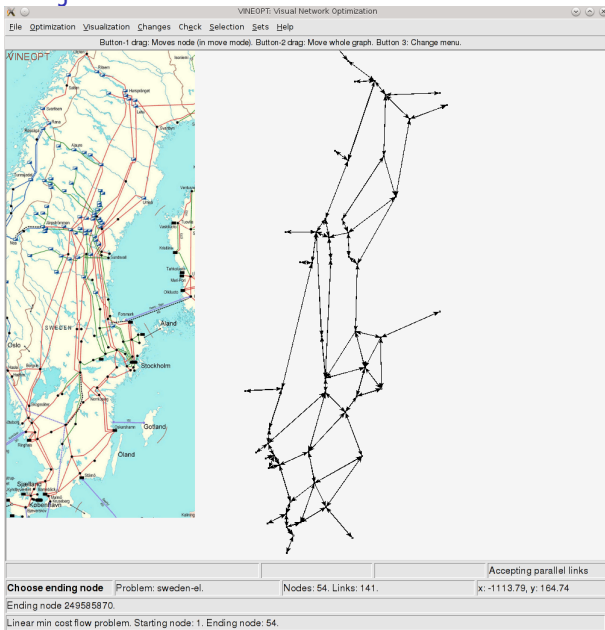
Det nuvarande nätverket finns tillgängligt i Vineopt-format (som riktad graf med bågkostnader, kapaciteter och käll-/sänkstyrkor), med namnet *sweden-elnet*. Det har 54 noder och 141 länkar.

De möjliga utbyggnaderna motsvarar ett antal bågar som redan finns i nätverket, men har kapacitet noll. Var och en av dessa bågar kan införas i nätverket med kapacitet 50 till den fasta kostnaden 300.

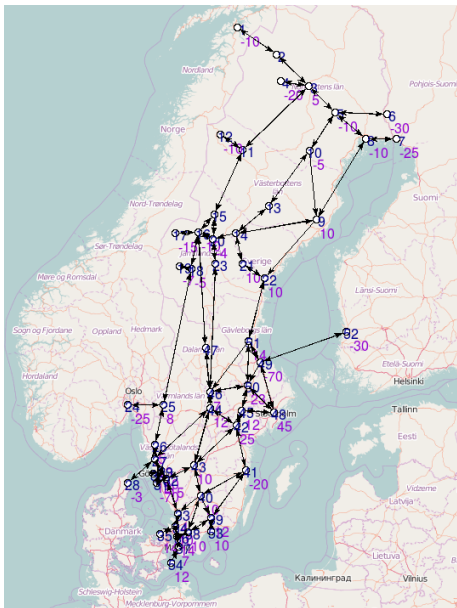
Om man vill evaluera en viss utbyggnad, kan man sätta kapaciteten till 50 för den bågen och lösa om minikostnadsflödesproblemet med Vineopt, och lägga till 300 till målfunktionsvärdet.

Vi beaktar två olika utbyggnadscenarior. Det första är att bågar (10, 9) och (14, 20) är möjliga att bygga. Det andra är att bågar (9, 22), (10, 9), (14, 29), (40, 33), (40, 39), (49, 50) och (51, 46) är möjliga att bygga.

TAOP61 Projekt 4: sweden-elnet



TAOP61 Projekt 4: sweden-elnet



TAOP61 Projekt 3: Bendersdekomposition

Subproblemet, fixera y , vilket ger ett vanligt minkostnadsflödesproblem:

$$\begin{aligned} \psi(\bar{y}) = \min \quad & \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} + \sum_{(i,j) \in A} f_{ij} \bar{y}_{ij} && \text{(PS)} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j:(i,j) \in A} x_{ij} - \sum_{j:(j,i) \in A} x_{ji} = b_i \quad \forall i \in N \\ & 0 \leq x_{ij} \leq u_{ij} \bar{y}_{ij} \quad \forall (i,j) \in A \end{aligned}$$

TAOP61 Projekt 3: Bendersdekomposition

Subproblemet, fixera y , vilket ger ett vanligt minkostnadsflödesproblem:

$$\begin{aligned} \psi(\bar{y}) = \min \quad & \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} + \sum_{(i,j) \in A} f_{ij} \bar{y}_{ij} && \text{(PS)} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j:(i,j) \in A} x_{ij} - \sum_{j:(j,i) \in A} x_{ji} = b_i \quad \forall i \in N \\ & 0 \leq x_{ij} \leq u_{ij} \bar{y}_{ij} \quad \forall (i,j) \in A \end{aligned}$$

Lös med Vineopt.

TAOP61 Projekt 3: Bendersdekomposition

Subproblemet, fixera y , vilket ger ett vanligt minkostnadsflödesproblem:

$$\begin{aligned} \psi(\bar{y}) = \min \quad & \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} + \sum_{(i,j) \in A} f_{ij} \bar{y}_{ij} & (\text{PS}) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j:(i,j) \in A} x_{ij} - \sum_{j:(j,i) \in A} x_{ji} = b_i \quad \forall i \in N \\ & 0 \leq x_{ij} \leq u_{ij} \bar{y}_{ij} \quad \forall (i,j) \in A \end{aligned}$$

Lös med Vineopt.

När man löser PS fås nodpriser (α) samt reducerade kostnader, \hat{c}_{ij} .

TAOP61 Projekt 3: Bendersdekomposition

Subproblemet, fixera y , vilket ger ett vanligt min kostnadsflödesproblem:

$$\begin{aligned} \psi(\bar{y}) = \min \quad & \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} + \sum_{(i,j) \in A} f_{ij} \bar{y}_{ij} & \text{(PS)} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j:(i,j) \in A} x_{ij} - \sum_{j:(j,i) \in A} x_{ji} = b_i \quad \forall i \in N \\ & 0 \leq x_{ij} \leq u_{ij} \bar{y}_{ij} \quad \forall (i,j) \in A \end{aligned}$$

Lös med Vineopt.

När man löser PS fås nodpriser (α) samt reducerade kostnader, \hat{c}_{ij} .

Värdet på β_{ij} fås som: $\beta_{ij} = 0$ om $\hat{c}_{ij} \geq 0$, och $\beta_{ij} = -\hat{c}_{ij}$ om $\hat{c}_{ij} < 0$.

Benders masterproblem:

$$\begin{aligned}
 v_{PM} = \min \quad & q \\
 \text{s.t.} \quad & q \geq \sum_{i \in N} b_i \alpha_i^{(l)} - \sum_{(i,j) \in A} u_{ij} \beta_{ij}^{(l)} y_{ij} + \sum_{(i,j) \in A} f_{ij} y_{ij} \quad \text{för alla } l \in L \\
 & y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \text{för alla } (i,j) \in A
 \end{aligned}$$

(PM)

TAOP61 Projekt 3: Bendersdekomposition

Benders masterproblem:

$$\begin{aligned} v_{PM} = \min \quad & q \\ \text{s.t.} \quad & q \geq \sum_{i \in N} b_i \alpha_i^{(l)} - \sum_{(i,j) \in A} u_{ij} \beta_{ij}^{(l)} y_{ij} + \sum_{(i,j) \in A} f_{ij} y_{ij} \quad \text{för alla } l \in L \\ & y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \text{för alla } (i, j) \in A \end{aligned}$$

(PM)

För att lösa PM (ett blandat heltalsproblem) rekommenderas GLPK, dvs. att man formulerar problemet i GMPL och löser det med `glpsol`.

Benders masterproblem:

$$\begin{aligned}
 v_{PM} = \min \quad & q \\
 \text{s.t.} \quad & q \geq \sum_{i \in N} b_i \alpha_i^{(l)} - \sum_{(i,j) \in A} u_{ij} \beta_{ij}^{(l)} y_{ij} + \sum_{(i,j) \in A} f_{ij} y_{ij} \quad \text{för alla } l \in I \\
 & y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \text{för alla } (i, j) \in A
 \end{aligned}$$

(PM)

För att lösa PM (ett blandat heltalsproblem) rekommenderas GLPK, dvs. att man formulerar problemet i GMPL och löser det med `glpsol`.

PS ger övre gränser på v^* och duala lösningar, $\alpha^{(l)}$ och $\beta^{(l)}$ för PM, och PM ger undre gränser på v^* och ett nytt \bar{y} för PS. Konvergens är exakt och ändlig.

TAOP61 Projekt 3: Bendersdekomposition

För bågar med $f_{ij} = 0$ kan man fixera $y_{ij} = 1$.

TAOP61 Projekt 3: Bendersdekomposition

För bågar med $f_{ij} = 0$ kan man fixera $y_{ij} = 1$.

Låt $A_1 = \{(i, j) : f_{ij} > 0\}$ (dvs. A_1 är bågar med fast kostnad strikt större än noll).

TAOP61 Projekt 3: Bendersdekomposition

För bågar med $f_{ij} = 0$ kan man fixera $y_{ij} = 1$.

Låt $A_1 = \{(i, j) : f_{ij} > 0\}$ (dvs. A_1 är bågar med fast kostnad strikt större än noll). Benderssnitten kan då skrivas som

$$q \geq \sum_{(i,j) \in A_1} (f_{ij} - u_{ij} \beta_{ij}^{(l)}) y_{ij} + C_0^l + C_1^l$$

där

$$C_1^l = \sum_{(i,j) \in A_1} \bar{u}_{ij} \beta_{ij}^{(l)}.$$

och

$$C_0^l = \sum_{i \in N} b_i \alpha_i^{(l)} - \sum_{(i,j) \in A} \bar{u}_{ij} \beta_{ij}^{(l)}$$

där \bar{u}_{ij} är den kapacitet man använt när man löste subproblemet som gav $\alpha^{(l)}$ och $\beta^{(l)}$ (vanligtvis är $\bar{u}_{ij} = u_{ij} \bar{y}_{ij}$).

TAOP61 Projekt 3: Bendersdekomposition

För bågar med $f_{ij} = 0$ kan man fixera $y_{ij} = 1$.

Låt $A_1 = \{(i, j) : f_{ij} > 0\}$ (dvs. A_1 är bågar med fast kostnad strikt större än noll). Bendersnitten kan då skrivas som

$$q \geq \sum_{(i,j) \in A_1} (f_{ij} - u_{ij} \beta_{ij}^{(l)}) y_{ij} + C_0^l + C_1^l$$

där

$$C_1^l = \sum_{(i,j) \in A_1} \bar{u}_{ij} \beta_{ij}^{(l)}.$$

och

$$C_0^l = \sum_{i \in N} b_i \alpha_i^{(l)} - \sum_{(i,j) \in A} \bar{u}_{ij} \beta_{ij}^{(l)}$$

där \bar{u}_{ij} är den kapacitet man använt när man löste subproblemet som gav $\alpha^{(l)}$ och $\beta^{(l)}$ (vanligtvis är $\bar{u}_{ij} = u_{ij} \bar{y}_{ij}$).

Om $\bar{u}_{ij} = u_{ij} \bar{y}_{ij}$, så liknar uttrycket för C_0^l den duala målfunktionen i subproblemet, förutom de fasta kostnaderna.

TAOP61 Projekt 3: Uppgifter

- 1 Lös *sweden-elnet* som ett min kostnadsflödesproblem för att evaluera nuvarande situation. Notera målfunktionsvärde.

TAOP61 Projekt 3: Uppgifter

- 1 Lös *sweden-eln* som ett minskostnadsflödesproblem för att evaluera nuvarande situation. Notera målfunktionsvärde.
- 2 Antag att kapaciteten på *en* existerande länk kan höjas med 5 enheter. Finn det mest lovande alternativet med hjälp av lösningen i föregående uppgift. (Tips: Använd reducerade kostnader.)

TAOP61 Projekt 3: Uppgifter

- 1 Lös *sweden-elnet* som ett min kostnadsflödesproblem för att evaluera nuvarande situation. Notera målfunktionsvärde.
- 2 Antag att kapaciteten på *en* existerande länk kan höjas med 5 enheter. Finn det mest lovande alternativet med hjälp av lösningen i föregående uppgift. (Tips: Använd reducerade kostnader.)
- 3 Betrakta utbyggnadsscenario ett, dvs. där länkarna (10, 9) och (14, 20) är möjliga att bygga. Finn det bästa lösningen genom att lösa varje möjlig kombination med Vineopt.

TAOP61 Projekt 3: Uppgifter

- 1 Lös *sweden-elnet* som ett min kostnadsflödesproblem för att evaluera nuvarande situation. Notera målfunktionsvärde.
- 2 Antag att kapaciteten på *en* existerande länk kan höjas med 5 enheter. Finn det mest lovande alternativet med hjälp av lösningen i föregående uppgift. (Tips: Använd reducerade kostnader.)
- 3 Betrakta utbyggnadsscenario ett, dvs. där länkarna (10, 9) och (14, 20) är möjliga att bygga. Finn det bästa lösningen genom att lösa varje möjlig kombination med Vineopt.
- 4 Betrakta istället utbyggnadsscenario två, dvs. där länkarna (9, 22), (10, 9), (14, 29), (40, 33), (40, 39), (49, 50) och (51, 46) är möjliga att bygga.
Lös problemet med Bendersdekomposition.

TAOP61 Projekt 3: Uppgifter

- 1 Lös *sweden-elnet* som ett min kostnadsflödesproblem för att evaluera nuvarande situation. Notera målfunktionsvärde.
- 2 Antag att kapaciteten på *en* existerande länk kan höjas med 5 enheter. Finn det mest lovande alternativet med hjälp av lösningen i föregående uppgift. (Tips: Använd reducerade kostnader.)
- 3 Betrakta utbyggnadsscenario ett, dvs. där länkarna (10, 9) och (14, 20) är möjliga att bygga. Finn det bästa lösningen genom att lösa varje möjlig kombination med Vineopt.
- 4 Betrakta istället utbyggnadsscenario två, dvs. där länkarna (9, 22), (10, 9), (14, 29), (40, 33), (40, 39), (49, 50) och (51, 46) är möjliga att bygga.
Lös problemet med Bendersdekomposition.
- 5 Antag att högst två länkar får byggas. Förklara varför alla de kända Benderssnitten i masterproblemet kan användas. Finn ny optimallösning (utan att börja om från början).