

September 2020

In dieser Ausgabe ...

- Complexity Landscape ILP
- Nächster Theorietag virtuell
- FG-KP-Wahlankündigung
- Der CO2-Abdruck der Theor. Inf.

Konferenzen im Jahre 2019/20

Konferenz	Frist'20	Event'21	Art
ITCS	—	06.–08.01.	🌐
CSL	—	25.–28.01.	🌐
STACS	05.10.	16.–19.03.	🌐
ICDT	—	23.–26.03.	🌐
FoSSaCS	15.10.	27.03.–01.04.	🌐
PODS	11.12	20.–25.06.	🌐
STOC	6.11.	21.–25.06.	🌐
LICS	20.01.21	29.06.–02.07.	🌐
ICALP	12.02.21	12.–16.07.	🌐
CCC	???	19.–23.07.	🌐

🌐: online, 🌐: mixed, 🌐: unknown

Die letzten Theorietage

TT	Wo	Wann
80	Bei Ihnen?	—
79	Hannover 🌐	17.11.20
78	Berlin	10./11.10.19
77	Marburg	28.03.19
76	Halle	24.–25.09.18
75	Ulm	10.–11.04.18
74	Lübeck	23.–25.11.17
73	Hamburg	18./19.05.17

Fachgruppenleitung (2016–2020)

E-Mail an die Fachgruppenleitung

- Arne Meier (Sprecher)
- Till Tantau (stv. Sprecher)
- Jörg Rothe
- Thomas Schwentick
- Jacobo Torán

Mitgliederzahl (GI): 299

Kostenlos Mitglied in FG-KP werden

Liebe Mitglieder der Fachgruppe Komplexität,

Sie halten den neunten Newsletter der GI-Fachgruppe „Komplexität“ in den Händen. Im Frühjahr gab es leider, Corona-bedingt, keinen Theorietag. Wegen der gesamten Situation haben wir uns entschieden, den 79. Theorietag nur virtuell stattfinden zu lassen, da es nicht absehbar ist, wie sich die Situation im Herbst/Winter entwickelt. Auf diesem Workshop wird dann (endlich) auch die Fachgruppenleitung für drei Jahre neu gewählt. Details zur Planung finden Sie auf der letzten Newsletterseite.

Wie üblich gilt, wenn Sie eine spezielle Konferenz in der linken Spalte vermissen, dann melden Sie sich bei **mir**, damit wir die Konferenz für die Zukunft aufnehmen können.

Außerdem möchte ich, wie üblich, auf die Möglichkeit zu kurzen inhaltlichen Beiträgen hinweisen. Bei Interesse Ihrerseits melden Sie sich bitte direkt bei **mir**. Wir planen mit Textvorschlägen von 1–2 Seiten Länge. In dieser Ausgabe gibt es einen Gastbeitrag von Robert Ganian und Sebastian Ordyniak zu aktuellen Entwicklungen bezüglich zerlegbarer Parameter für Integer Linear Programming.

Wenn Sie in die Fachgruppe eintreten möchten, dann ist dies **kostenlos** als assoziiertes Mitglied möglich — auch ohne eine GI-Mitgliedschaft. Falls Sie bei der **GI** bisher keine Email hinterlegt haben, so geben Sie diese auf Ihrer Mitgliederseite an, damit der Newsletter auch Sie halbjährig automatisch erreicht.

Der Newsletter ist natürlich auch weiterhin online von unserer **Webseite** zu beziehen.

Und nun wünsche ich Ihnen viel Spass beim Lesen.



Arne Meier, Sprecher der Fachgruppe KP

Die Fachgruppe Komplexität

Die Fachgruppe Komplexität ist ein Teil der Gesellschaft für Informatik. Diese Fachgruppe beschäftigt sich mit komplexitätstheoretischen Fragestellungen. Manche der Themen sind eng gekoppelt an bzw. werden gemeinsam bearbeitet mit anderen Fachgruppen, insbesondere sind dies die **FG Algorithmen** (Thema: Obere Schranken), **FG Automaten und formale Sprachen** (Thema: spezielle Berechnungsmodelle, Abschlusseigenschaften von Klassen) **FG Logik in der Informatik** (Thema: Komplexität logischer Entscheidungsprobleme, Komplexität des logischen Programmierens, subreursive Hierarchien).

Ein Workshop über Algorithmen und Komplexität, gemeinsam mit der **Fachgruppe Algorithmen**, findet zweimal jährlich statt.

Gastbeitrag: Complexity Landscape of Decompositional Parameters for ILP

Robert Ganian (Vienna University of Technology, rganian@gmail.com), and
Sebastian Ordyniak (University of Leeds, sordyniak@gmail.com)

The aim of this contribution is to provide a brief overview of recent (parameterized) complexity results that have been obtained for Integer Linear Programming (ILP). For a more in-depth survey see [2] and the references therein.

ILP. We mostly consider ILP in the following standard formulation, which we refer to as the *equality* form:

$$\min \{ \mathbf{c}\mathbf{x} \mid \mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{b}, \mathbf{l} \leq \mathbf{x} \leq \mathbf{u}, \mathbf{x} \in \mathbb{Z}^n \}$$

We refer to A , \mathbf{b} , \mathbf{c} , \mathbf{l} , and \mathbf{u} as the *constraint matrix*, the *constraint vector*, the *optimisation vector*, the *lower bound vector*, and the *upper bound vector*, respectively. We will also sometimes employ the *inequality* form defined as $\min \{ \mathbf{c}\mathbf{x} \mid \mathbf{A}\mathbf{x} \leq \mathbf{b}, \mathbf{x} \in \mathbb{Z}^n \}$. Note that both forms can easily be shown to exhibit the same complexity behavior for all parameterizations considered in this article.

We associate each row of A with a *constraint* and each column of A with a *variable*. The *domain* of the i -th variable is the set $\{ d \in \mathbb{Z} \mid \mathbf{l}[i] \leq d \leq \mathbf{u}[i] \}$. An *assignment* is a mapping from the variables to integers, and an assignment is *feasible* if it satisfies all the constraints. An integer p is a *prefix sum* of the constraint $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_jx_j$ w.r.t. a feasible assignment τ if there is a set $P \subseteq \{1, \dots, j\}$ such that $p = |\sum_{i \in P} a_i \tau(x_i)|$.

Graphical Representations. One of the main drivers behind the recent development of novel tractable fragments for ILP is the use of natural graphical representations of the constraint matrix to express restrictions on the structure of the constraint matrix. Figure 1 provides an overview of all representations.

The *primal graph* of an ILP instance \mathcal{I} is the graph whose vertex set is the set of variables of \mathcal{I} , where two distinct variables are adjacent if and only if they appear together in a constraint of \mathcal{I} . The *dual graph* of \mathcal{I} is the graph whose vertex set is the set of constraints of \mathcal{I} , where two distinct constraints are adjacent if and only if they have a common variable. The *incidence graph* of \mathcal{I} is the bipartite graph whose vertex set is partitioned into the set of constraints of \mathcal{I} and the set of variables of \mathcal{I} ; here, an edge connects a constraints to a variable if and only if that variable appears in the constraint. Finally, the *signed incidence graph* of \mathcal{I} is obtained from the incidence graph by labelling every edge between a variable and a constraint by the coefficient with which the variable occurs in the constraint.

One prominent advantage of using such graphical representations is that they open up the possibility of employing fundamental (structural) parameters for graphs to measure the structure of the constraint matrix. In particular, it is possible to consider well-studied decompositional parameters such as pathwidth, treedepth, treewidth, branch width, (signed) rankwidth, and clique width as parameters for ILP.

Novel Tractable Fragments for ILP. In the following we provide an overview about some of the recently obtained com-

plexity results for ILP. In addition to the decompositional parameters introduced above, we will need the following parameters: (1) *maximum coefficient*, i.e., the maximum absolute value of any coefficient in the constraint matrix, (2) *maximum domain*, i.e., the maximum absolute allowed domain value of any integer variable, and (3) *maximum prefix sum*, i.e., the maximum absolute value of the partial evaluation of any constraint using a feasible assignment. In the following, we will summarize the known results concerning combinations of the parameters given in (1)–(3) with the previously mentioned decompositional parameters on the primal, dual, and incidence graph. Figure 2 provides an overview of the parameters and their relationship.

Primal Graph. The parameterized complexity of ILP w.r.t. every combination of the parameters maximum coefficient, maximum domain, maximum prefix sum, and any decompositional parameter defined on the primal graph has been completely resolved. In particular, there are only two inclusion-maximal combinations of parameters that lead to (fixed-parameter) tractability for the primal graph. That is, ILP is fixed-parameter tractable parameterized by either:

- primal treewidth and the maximum domain, or
- primal treedepth and the maximum coefficient.

Moreover, all combinations of the considered parameters that are not dominated by the above are known to lead to **paraNP**-complete fragments of ILP.

Dual Graph. The situation for the dual graph is quite similar to the situation for the primal graph. In particular, the following two parameterizations give rise to fixed-parameter algorithms for ILP:

- dual treewidth and the maximum prefix sum, and
- dual treedepth and the maximum coefficient.

All combinations of the considered parameters that are not dominated by the above are known to lead to **paraNP**-complete fragments of ILP.

Incidence Graph. Note that parameters such as treedepth and treewidth are smaller or equal to the corresponding parameters on the primal or dual graph; in this sense the incidence graph is the least restrictive graphical representation. Here, ILP can be shown to be fixed-parameter tractable when parameterized by the incidence treewidth and the maximum prefix sum; the same proof also shows that Unary ILP (i.e., ILP restricted to instances where both the coefficients and the domain are bounded by a polynomial in the input size) is **XP** parameterized by the incidence treewidth alone.

A second **XP**-tractability result can be obtained by considering a different structural restriction of the incidence graph G of an ILP instance. In particular, let the *fracture number* of G be the minimum d such that G contains a vertex set D of size at most d with the following property: each connected component of

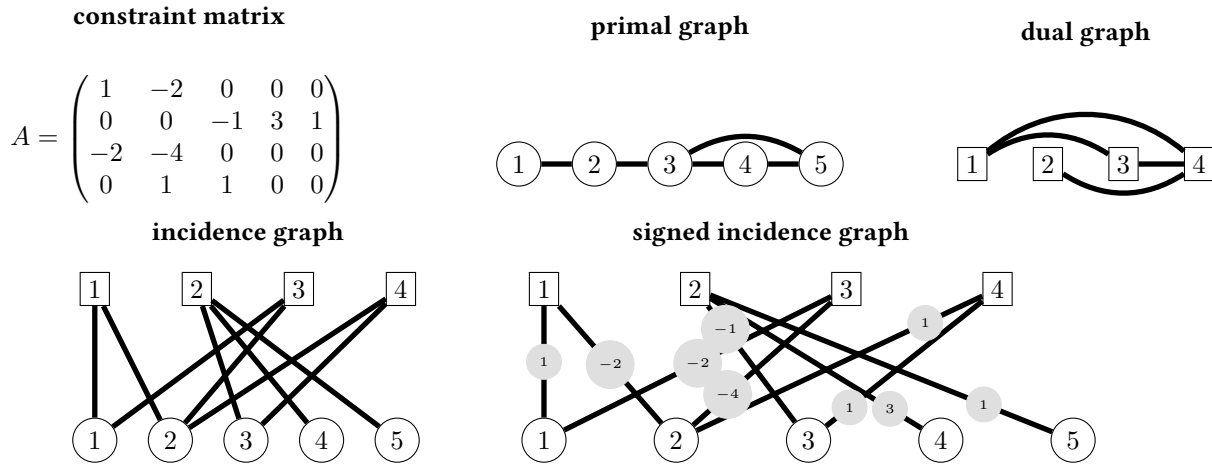


Abbildung 1. The primal, dual, incidence, and signed incidence graph of the constraint matrix shown in the top left corner. Vertices corresponding to variables (constraints) of the matrix are indicated by circles (rectangles). The label of a vertex corresponds to its row/column-index in the constraint matrix.

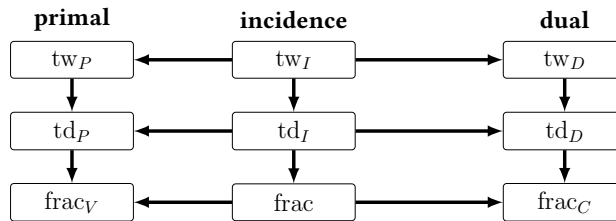


Abbildung 2. The relationship between the structural parameters treewidth, treedepth, and fracture number for the primal, dual, and incidence graph. An arc from one parameter to another indicates that the former is a more general parameter, i.e., whenever the later is bounded so is the former.

$G - D$ contains at most d vertices. It is known that ILP parameterized by the incidence fracture number together with the maximum coefficient is FPT-equivalent to *4-block n -fold ILP*, and in particular is in **XP**. It is a major open question whether this **XP** result can be improved to fixed-parameter tractability. Apart from the above-mentioned open question, all remaining combinations of considered parameters not dominated by the above are once again known to be **paraNP**-complete.

Signed Incidence Graph (Dense Graphs). In contrast to the success of decompositional parameters for sparse classes of graphs (such as treedepth and treewidth), it is relatively easy to see that decompositional parameters for dense classes of graphs (such as clique-width and rank-width) do not lead to tractability results for the aforementioned graphical representations. This situation changes, however, once one considers graphical representations that take into account the influence of the coefficients. That is, Unary ILP is **XP**-tractable when parameterized by the signed clique-width of the incidence graph augmented by edge labels (“signs”) that encode the coefficient with which the respective variable occurs in the given constraint.

Hybrid Parameters. Lenstra’s seminal result showing that ILP is fixed-parameter tractable parameterized by the number of variables (or constraints) has already been employed countless times by the PC community to establish (fixed-parameter)

tractability. Therefore, developing natural generalizations of Lenstra’s result is a promising endeavour that may help push the boundaries of tractability for other problems as well. One result in this direction is the introduction of the novel hybrid parameter torso-width, which allows the combination of the tractable fragments of Lenstra with the fragment of bounded primal treewidth and maximum domain.

Mixed Integer Linear Programming (MILP). Given the amount of novel tractable classes for ILP it becomes natural to ask whether those classes can be generalized to Mixed Integer Linear Programming, i.e., the extension of ILP that allows for non-integer variables. One of the first steps in this direction has recently been obtained by Brand et al. [1], who showed that the FPT results obtained for the primal and dual graph using treedepth (and maximum coefficients) can be extended to MILP.

Literatur

- [1] Cornelius Brand, Martin Koutecký, and Sebastian Ordyniak. Parameterized algorithms for milps with small treedepth. *CoRR*, abs/1912.03501, 2019.
- [2] Robert Ganian and Sebastian Ordyniak. Solving integer linear programs by exploiting variable-constraint interactions: A survey. *Algorithms*, 12(12):248, 2019.

Nächster Theorietag virtuell am 17. November

Der 79. Workshop über Algorithmen und Komplexität wird im Herbst/Winter, genauer am 17.11.2020 virtuell stattfinden. Ausrichter des Workshops sind Anselm Haak und Arne Meier aus Hannover. Der Workshop findet über **Zoom™** virtuell statt.

Die **Webseite** zum Workshop gibt weitere Informationen. Der Workshop findet von 9:30–16:30 Uhr (Mittagspause von 12:00–13:30 Uhr) statt. Einen eingeladenen Vortrag hält **Thomas Zeume (Uni Bochum)**.

Wenn Sie auch einen Vortrag auf dem Workshop beisteuern möchten, melden Sie sich bitte per E-Mail bei Anselm Haak (haak@thi.uni-hannover.de) mit einem Titel sowie Abstract in englischer Sprache. Die Länge eines Vortrags wird 30 Minuten sein.

Am Ende des Workshops finden noch jeweils zwei Sitzungen der beiden Fachgruppen (**Algo** und **KP**) statt, auf der die neuen Fachgruppenleitungen gewählt werden.

FG-KP-Wahl im Herbst/Winter 2020: Wahlankündigung!

Den eigentliche Rückblick auf meine dreijährige Amtszeit als Sprecher der Fachgruppe habe ich im **Newsletter 8** veröffentlicht. Geplant war eine Wahl im Oktober 2019, also nach der Amtszeit von drei Jahren, wie üblich. Diese Planung wurde zum einen durch einen Krankheitsfall in meiner Familie verzögert und anschließend hat Corona dann endgültig einen Strich durch den Theorietag im Frühjahr 2020 gemacht. Hierdurch verlängerte sich meine Amtszeit um ein weiteres Jahr, über die es jedoch nicht viel zu berichten gibt. Es gab zwei weitere Newsletter (den vorherigen und diesen), mit je einem neuen Artikel.

Die Wahl findet nun auf dem oben angekündigten 79. Theorietag statt. Wenn Sie jemanden zur Wahl nominieren möchten, senden Sie bitte bis zum 10. Oktober eine E-Mail an die Fachgruppenleitung mit Einverständniserklärung des Nominierten.

Der Wahlvorschlag aus der Fachgruppenleitung lautet: (Sprecher) Arne Meier (Hannover), (Stellvertretender Sprecher) Till Tantau (Lübeck).

Der CO2-Abdruck der Theoretischen Informatik

Dass der Klimawandel ein aktuelles Problem ist und menschliches Verhalten ein Teil des Problems ist, ist leider anzunehmen. Die Möglichkeit der Theoretischen Informatik hier durch Forschung gegenzusteuern ist prinzipiell vorhanden und sollte genutzt werden.

In einem kleinen Rahmen kann sich die TCS Community aber auch Gedanken darüber machen, inwieweit sie zum Problem beiträgt und wie das geändert/reduziert werden könnte.

Nicht jede/r ist sich vielleicht bewusst, dass ein (hin- und zurück) Transkontinentalflug einer Person durchaus zwei bis drei Tonnen CO₂ verursachen kann und drei bis vier Konferenzbesuche oder andere Dienstreisen den privaten CO₂-Abdruck schon in den Schatten stellen können. Und das gilt umso mehr, wenn die in in der EU angestrebte Reduktion um ca. 50% bis 2030 erreicht werden soll. Pro Person in Deutschland würde das ungefähr einer Reduktion von 9 auf 4 Tonnen jährlich entsprechen und damit wäre eine Konferenzreise möglicherweise schon nahe am Jahreslimit.

Was kann die TCS-Community tun? Es gibt viele Möglichkeiten, die diskutiert werden können, und die Corona-Krise hat zumindest gezeigt, dass virtuelle Konferenzen nicht völlig sinnlos sind, sondern (außer der CO₂-Reduktion) einige deutliche Vorteile haben (und natürlich auch Nachteile!).

Auf tcs4f.org haben sich einige von uns zusammen gefunden, um auf dieses Thema aufmerksam zu machen. Als ersten Schritt schlagen wir vor, dass sich einzelne Personen, Forschungsgruppen und Konferenzen dazu verpflichten ihren CO₂-Ausstoß bis 2030 um 50% (gegenüber dem vor-2020-Niveau) zu reduzieren. Die **STACS-Konferenz** hat das beispielsweise unlängst getan. Wer sich dem als Gruppe oder Konferenz anschließen möchte und nähere Informationen benötigt, kann sich gerne an uns wenden. Über das Wie der Reduktion kann sich dann jede Gruppe oder Konferenz selbst Gedanken machen, wir streben hier aber einen Austausch an, und es wäre sicher gut, wenn verschiedene Konferenzen verschiedene Ansätze ausprobieren und bewerten würden. Auf tcs4f.org finden sich auch weitere Informationen, unter anderem gibt es einen informativen **Eintrag** von **Antoine Amarilli**, der erklärt, wodurch jeweils eine Tonne CO₂ emittiert wird. — **Thomas Schwentick (TU-Dortmund)**

Impressum

GI Fachgruppe Komplexität

Fachgruppenleitung:

Arne Meier (Sprecher, ViSdPR),

Till Tantau (stv. Sprecher),

Jörg Rothe,

Thomas Schwentick,

Jacobo Torán.

Sekretariat +49 511 762 19692

Web <https://fg-kp.gi.de>

Postalisch

GI-FG Komplexität

PD Dr. Arne Meier

Appelstrasse 4

D-30167 Hannover

Mail fg-kp-leitung@gi.de

