



Quantum correlations and graphs [correlaciones cuánticas y grafos /

López Tarrida, Antonio José

[s.n.],

2014

Monografía

Esta tesis doctoral trata de diversos aspectos de la teoría cuántica (TC), que abarcan desde el campo de los fundamentos de la disciplina (en particular, la búsqueda de un conjunto de principios que seleccionen y distinguan a la TC en el panorama de las teorías probabilísticas generales) hasta el reino de las aplicaciones en información y computación cuánticas. Todos los problemas que hemos abordado en nuestra investigación tienen un rasgo distintivo común: la teoría de grafos parece ser especialmente adecuada para describirlos y tratarlos. Y no sólo eso: el lenguaje y las herramientas de la teoría de grafos proporcionan una poderosa y nueva percepción que permite arrojar luz sobre tales problemas, y representan además un importante impulso para futuros desarrollos. Precisamente, uno de los problemas que tuvimos que plantearnos en esta tesis, desde el primer momento, fue decidir su título. El alcance de la tesis era demasiado amplio como para poderlo comprimir en un título que fuese significativo, preciso y relativamente corto, y esto explica nuestra elección final: Quantum correlations and graphs, es decir, Correlaciones cuánticas y grafos, una declaración intencionadamente de amplio espectro y algo vaga con la que intentamos capturar los principales aspectos de nuestra investigación, quizá sin éxito. En lo que concierne a la alusión a los grafos en el título, la principal razón para nuestra concisión es la siguiente: la tesis está dividida en dos partes en las que los grafos constituyen la herramienta matemática ubicua y versátil sobre la cual hemos basado toda nuestra investigación. Sin embargo, hemos de hacer notar que los grafos significan cosas muy distintas y juegan papeles bien diferentes en cada parte de la tesis. En la Parte I, que está dedicada a los grafos de exclusividad de desigualdades no contextuales (NC), los grafos dan cuenta de experimentos en los cuales algunas medidas se llevan a cabo sobre ciertos estados: los vértices de uno de tales grafos representan eventos, en tanto que las aristas describen relaciones de exclusividad mutua entre eventos, y sobre la base de dichos grafos nosotros construimos desigualdades NC y calculamos sus valores límite a partir de algunos números combinatorios propios de los grafos. En la Parte II, que está dedicada específicamente a los denominados estados grafo, los grafos por el contrario representan estados cuánticos entrelazados de muchos qubits. El grafo no sólo proporciona una ayuda para escribir el generador del estado grafo, sino que también sirve por así decir como una plantilla o guía para su preparación: los vértices representan qubits, y las aristas describen subsiguientes operaciones de entrelazamiento cada una de las cuales involucra a dos qubits. Todo esto prueba cuán fructífera y versátil llega a ser la teoría de grafos cuando se aplica a algunos problemas fundamentales en TC, lo que constituye una de las principales ideas que alientan la tesis. Entre estas dos partes de la tesis, en apariencia desligadas, hay no obstante una profunda conexión, que se explica con detalle al final de la tesis. En pocas palabras: hay una construcción que partiendo de cualquier grafo conexo de tres o más vértices que describe a un estado grafo lleva a un grafo de mayor orden y tamaño, siendo éste último un grafo de exclusividad cuyos vértices

representan todos los posibles eventos consistentes con el grupo estabilizador del estado grafo original, y cuyas aristas conectan eventos mutuamente excluyentes. Tal procedimiento transcribe en términos de teoría de grafos la conexión existente entre un estado grafo y una desigualdad de Bell violada máximamente por la TC. Otro comentario importante tiene que ver con correlaciones cuánticas, el otro elemento que aparece con concisión en el título: proporcionamos una definición general de correlaciones cuánticas en la Sec. 1.2.4, a la que referimos al lector para más detalle. Nosotros seleccionamos dos tipos de correlaciones cuánticas: correlaciones cuánticas proyectivas, y correlaciones cuánticas tipo Bell. Debemos enfatizar el hecho de que en la primera parte de esta tesis, a menos que se diga expresamente lo contrario, por correlaciones cuánticas se entenderá que se trata de correlaciones cuánticas proyectivas, es decir, correlaciones entre los resultados de medidas conjuntas de observables cuánticos proyectivos. Las razones para esta elección se aportan en la p. 46. Por otro lado, nuestro principal interés en la segunda parte de la tesis es la clasificación y preparación óptima de estados grafo. En este caso, las correlaciones cuánticas (en particular, correlaciones cuánticas tipo Bell) aparecen implícitamente al discutir la conexión existente entre los grafos de exclusividad, los estados grafo y una clase de desigualdades de Bell violada máximamente por los estados grafo. Con todas estas consideraciones en mente, pasamos a continuación a hacer una descripción resumida de nuestro trabajo de investigación. La tesis que presentamos, como ha quedado dicho, está estructurada en dos partes: 1. La Parte I se titula Grafos de exclusividad de desigualdades no contextuales, y está organizada en cuatro capítulos: Capítulo 1: Aproximación a las correlaciones cuánticas mediante teoría de grafos. Éste es un capítulo introductorio, cuyo principal propósito es proporcionar el mínimo trasfondo teórico necesario para discutir los problemas y resultados de la primera parte de la tesis, además de presentar nuestros primeros resultados más básicos. Comenzamos en la Sec. 1.1 con una descripción concisa y autocontenida del marco general de las teorías operacionales, siguiendo las Refs. [1, 2]. Esta introducción concluye con la definición de exclusividad mutua entre eventos, en términos operacionales. Ello nos permite conectar la observación de Specker acerca de la mensurabilidad dos a dos y la mensurabilidad conjunta en TC con el principio de exclusividad (E), es decir, con el hecho de que la suma de las probabilidades de un conjunto de eventos mutuamente excluyentes dos a dos no puede exceder de 1. En la Sec. 1.2 pasamos revista a diferentes tipos de correlaciones entre resultados de medidas realizadas en un sistema, según las predicciones de ciertas teorías físicas. Seguimos las Refs. [3, 4, 5] en la discusión de las correlaciones locales, cuánticas, no-signaling and generales. Nos ocupamos de dos tipos de correlaciones cuánticas: proyectivas y tipo Bell, y seguidamente centramos nuestra atención en las correlaciones cuánticas proyectivas, proporcionando razones para dicha elección en la primera parte de la tesis. En la Sec. 1.3 definimos correlaciones no contextuales, e introducimos el concepto de desigualdad NC. La Sec. 1.4 se dedica a presentar la aproximación a las correlaciones cuánticas mediante teoría de grafos de Cabello-Severini-Winter (CSW), recogida en las Refs. [6, 7], atendiendo específicamente a dos resultados principales y varias propuestas de posible desarrollo ulterior de dichos autores, en las cuales se basa nuestra investigación. Presentamos nuestros primeros resultados básicos en la Sec. 1.5, relativos a la clasificación de los llamados grafos cuánticos contextuales (QCG), y concluimos resumiendo las conexiones entre esta clasificación y los problemas abordados en capítulos subsiguientes. Capítulo 2: Grafos de exclusividad básicos en correlaciones cuánticas

Esta tesis doctoral trata de diversos aspectos de la teoría cuántica (TC), que abarcan desde el campo de los fundamentos de la disciplina (en particular, la búsqueda de un conjunto de principios que seleccionen y distingan a la TC en el panorama de las teorías probabilísticas generales) hasta el reino de las aplicaciones en información y computación cuánticas. Todos los problemas que hemos abordado en nuestra investigación tienen un rasgo distintivo común: la teoría de grafos parece ser especialmente adecuada para describirlos y tratarlos. Y no sólo eso: el lenguaje y las herramientas de la teoría de grafos proporcionan una poderosa y nueva percepción que permite arrojar luz sobre tales problemas, y representan además un importante impulso para futuros desarrollos. Precisamente, uno de los problemas que tuvimos que plantearnos en esta tesis, desde el primer momento, fue decidir su título. El alcance de la tesis era demasiado amplio como para poderlo comprimir en un título que fuese significativo, preciso y relativamente corto, y esto explica nuestra elección final: Quantum correlations and graphs, es decir, Correlaciones cuánticas y grafos, una declaración intencionadamente de amplio espectro y algo vaga con la que intentamos capturar los principales aspectos de nuestra investigación, quizá sin éxito. En lo que concierne a la alusión a los grafos en el título, la principal razón para nuestra concisión es la siguiente: la tesis está dividida en dos partes en las que los grafos constituyen la herramienta matemática ubicua y versátil sobre la cual hemos basado toda nuestra investigación. Sin embargo, hemos de hacer notar que los grafos significan cosas muy distintas y juegan papeles bien diferentes

en cada parte de la tesis. En la Parte I, que está dedicada a los grafos de exclusividad de desigualdades no contextuales (NC), los grafos dan cuenta de experimentos en los cuales algunas medidas se llevan a cabo sobre ciertos estados: los vértices de uno de tales grafos representan eventos, en tanto que las aristas describen relaciones de exclusividad mutua entre eventos, y sobre la base de dichos grafos nosotros construimos desigualdades NC y calculamos sus valores límite a partir de algunos números combinatorios propios de los grafos. En la Parte II, que está dedicada específicamente a los denominados estados grafo, los grafos por el contrario representan estados cuánticos entrelazados de muchos qubits. El grafo no sólo proporciona una ayuda para escribir el generador del estado grafo, sino que también sirve por así decir como una plantilla o guía para su preparación: los vértices representan qubits, y las aristas describen subsiguientes operaciones de entrelazamiento cada una de las cuales involucra a dos qubits. Todo esto prueba cuán fructífera y versátil llega a ser la teoría de grafos cuando se aplica a algunos problemas fundamentales en TC, lo que constituye una de las principales ideas que alientan la tesis. Entre estas dos partes de la tesis, en apariencia desligadas, hay no obstante una profunda conexión, que se explica con detalle al final de la tesis. En pocas palabras: hay una construcción que partiendo de cualquier grafo conexo de tres o más vértices que describe a un estado grafo lleva a un grafo de mayor orden y tamaño, siendo éste último un grafo de exclusividad cuyos vértices representan todos los posibles eventos consistentes con el grupo estabilizador del estado grafo original, y cuyas aristas conectan eventos mutuamente excluyentes. Tal procedimiento transcribe en términos de teoría de grafos la conexión existente entre un estado grafo y una desigualdad de Bell violada máximamente por la TC. Otro comentario importante tiene que ver con correlaciones cuánticas, el otro elemento que aparece con concisión en el título: proporcionamos una definición general de correlaciones cuánticas en la Sec. 1.2.4, a la que referimos al lector para más detalle. Nosotros seleccionamos dos tipos de correlaciones cuánticas: correlaciones cuánticas proyectivas, y correlaciones cuánticas tipo Bell. Debemos enfatizar el hecho de que en la primera parte de esta tesis, a menos que se diga expresamente lo contrario, por correlaciones cuánticas se entenderá que se trata de correlaciones cuánticas proyectivas, es decir, correlaciones entre los resultados de medidas conjuntas de observables cuánticos proyectivos. Las razones para esta elección se aportan en la p. 46. Por otro lado, nuestro principal interés en la segunda parte de la tesis es la clasificación y preparación óptima de estados grafo. En este caso, las correlaciones cuánticas (en particular, correlaciones cuánticas tipo Bell) aparecen implícitamente al discutir la conexión existente entre los grafos de exclusividad, los estados grafo y una clase de desigualdades de Bell violada máximamente por los estados grafo. Con todas estas consideraciones en mente, pasamos a continuación a hacer una descripción resumida de nuestro trabajo de investigación. La tesis que presentamos, como ha quedado dicho, está estructurada en dos partes: 1. La Parte I se titula Grafos de exclusividad de desigualdades no contextuales, y está organizada en cuatro capítulos: Capítulo 1: Aproximación a las correlaciones cuánticas mediante teoría de grafos. Éste es un capítulo introductorio, cuyo principal propósito es proporcionar el mínimo trasfondo teórico necesario para discutir los problemas y resultados de la primera parte de la tesis, además de presentar nuestros primeros resultados más básicos. Comenzamos en la Sec. 1.1 con una descripción concisa y autocontenida del marco general de las teorías operacionales, siguiendo las Refs. [1, 2]. Esta introducción concluye con la definición de exclusividad mutua entre eventos, en términos operacionales. Ello nos permite conectar la observación de Specker acerca de la mensurabilidad dos a dos y la mensurabilidad conjunta en TC con el principio de exclusividad (E), es decir, con el hecho de que la suma de las probabilidades de un conjunto de eventos mutuamente excluyentes dos a dos no puede exceder de 1. En la Sec. 1.2 pasamos revista a diferentes tipos de correlaciones entre resultados de medidas realizadas en un sistema, según las predicciones de ciertas teorías físicas. Seguimos las Refs. [3, 4, 5] en la discusión de las correlaciones locales, cuánticas, no-signaling and generales. Nos ocupamos de dos tipos de correlaciones cuánticas: proyectivas y tipo Bell, y seguidamente centramos nuestra atención en las correlaciones cuánticas proyectivas, proporcionando razones para dicha elección en la primera parte de la tesis. En la Sec. 1.3 definimos correlaciones no contextuales, e introducimos el concepto de desigualdad NC. La Sec. 1.4 se dedica a presentar la aproximación a las correlaciones cuánticas mediante teoría de grafos de Cabello-Severini-Winter (CSW), recogida en las Refs. [6, 7], atendiendo específicamente a dos resultados principales y varias propuestas de posible desarrollo ulterior de dichos autores, en las cuales se basa nuestra investigación. Presentamos nuestros primeros resultados básicos en la Sec. 1.5, relativos a la clasificación de los llamados grafos cuánticos contextuales (QCG), y concluimos resumiendo las conexiones entre esta clasificación y los problemas abordados en capítulos subsiguientes. Capítulo 2: Grafos de exclusividad básicos en correlaciones cuánticas

Título: Quantum correlations and graphs [Recurso electrónico] correlaciones cuánticas y grafos Antonio José López Tarrida ; Cabello Quintero, Adán [director]

Editorial: [Sevilla] [s.n.] 2014

Descripción física: 211 p.

Tesis: Tesis Univ. de Sevilla-2014/10

Bibliografía: Incluye bibliografía

Materia: Quanta, Teoría de los- Tesis y disertaciones académicas

Autores: Cabello Quintero, Adán, dir

Entidades: Universidad de Sevilla. Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear Universidad de Sevilla. Facultad de Física Universidad de Sevilla. Vicerrectorado de Postgrado y Doctorado

Baratz Innovación Documental

- Gran Vía, 59 28013 Madrid
- (+34) 91 456 03 60
- informa@baratz.es